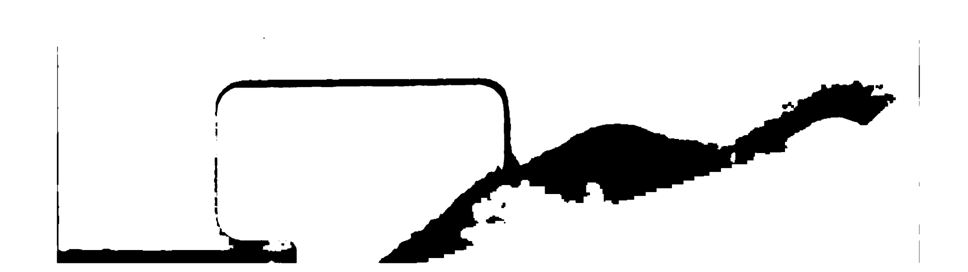





600054834U

DE L'INFLUENCE

DES

AGENS PHYSIQUES

SUR LA VIE.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
RUE DU CLOÎTRE SAINT-BENOÎT, N° 4.

DE L'INFLUENCE

DES

AGENS PHYSIQUES

SUR LA VIE;

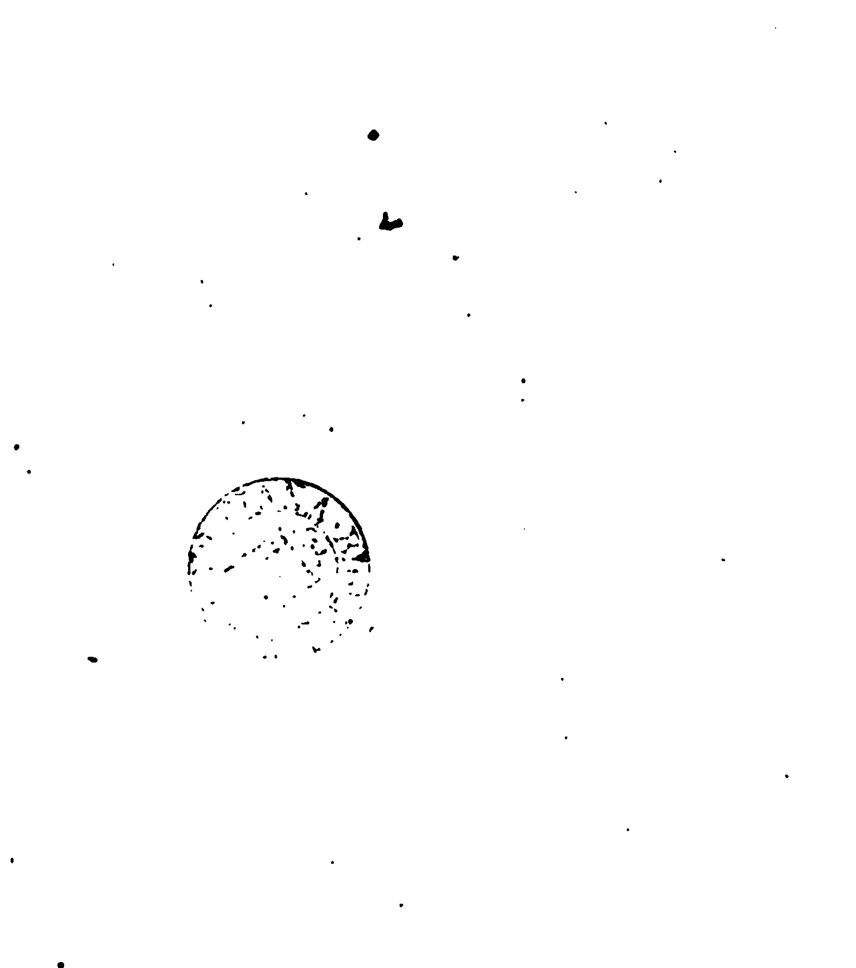
PAR W. F. EDWARDS, D. M.,

Membre associé de l'Académie royale de Médecine de Paris, Membre de la Société Philomatique, de la Société de Médecine de Dublin, etc.



A PARIS,
CHEZ CROCHARD, LIBRAIRE,
CLOÎTRE SAINT-BENOÎT, N° 16.

1824.



INTRODUCTION.

Les agens dont je me suis proposé d'examiner les effets nous environnent de toutes parts et exercent sur nous une influence continuelle : je les ai appelés *Agens physiques*, parce qu'ils font l'objet de la science qui porte le même nom, et qu'ils se distinguent ainsi des *Agens mécaniques*.

Ces recherches auront donc rapport à l'air dans les conditions de quantité, de mouvement et de repos, de densité et de raréfaction ; à l'eau liquide et à la vapeur aqueuse ; à la température, dans ses modifications de degré et de durée ; à la lumière et à l'électricité.

Ces causes agissent à la fois sur l'économie animale, ordinairement d'une manière sourde

et imperceptible; et toujours l'impression qu'on en reçoit est le résultat de toutes ces actions combinées.

Lors même que, par l'intensité de l'une d'elles, il nous arrive de distinguer la cause qui nous affecte, l'observation de l'effet se borne le plus souvent à la sensation, et les autres changemens qui l'accompagnent nous échappent. On conçoit par là que l'observation la plus attentive des phénomènes tels que la nature nous les présente ne saurait démêler dans cette combinaison d'actions l'effet propre à chaque cause, ni reconnaître des effets qui ne seraient pas révélés par la sensation.

Il est une méthode qui règle les conditions extérieures, qui fait varier celle dont on veut apprécier l'action, et qui fait juger, par la correspondance entre ce changement et celui qui survient dans l'économie, du rapport de cause et d'effet : c'est la méthode expérimentale; c'est celle que j'ai suivie.

Pour en tirer parti il fallait, d'une part, déterminer l'intensité de la cause, d'autre part celle de l'effet. La physique nous fournit ordinairement les moyens de remplir la première indication; le lecteur jugera si j'ai réussi à satisfaire à la dernière.

J'ai pris pour sujets d'expériences diverses espèces dans chacune des quatre classes d'animaux vertébrés, pour donner plus de certitude aux résultats particuliers, dans les cas où un même agent exercerait une influence uniforme sur des constitutions si diverses.

J'espérais d'ailleurs que l'étude des modifications très-évidentes dont certaines espèces sont suceptibles me conduirait à en reconnaître de semblables dans des espèces éloignées, où le même genre de phénomènes n'aurait pas été assez marqué pour attirer d'abord mon attention.

Les faits n'ont pas tardé à justifier mon

attente. J'ai suivi dans leur exposition l'ordre des recherches, et j'ai divisé l'ouvrage en quatre parties: la première est relative à la famille des batraciens; la seconde aux autres vertébrés à sang froid; la troisième aux animaux à sang chaud; la quatrième comprend l'homme et les vertébrés (1).

En commençant ces recherches je me suis bientôt aperçu que les connaissances physiques relatives à l'électricité n'étaient pas assez avancées pour me fournir les moyens d'étudier son influence sous les mêmes points de vue sous lesquels j'avais envisagé les autres agens. La découverte récente de M. Œrsted, qui lie les phénomènes de l'électricité et du magnétisme, celles de M. Ampère et de plusieurs autres physiciens, forment une nouvelle époque dans la science. Les princi-

(1) J'ai entrepris des recherches analogues sur plusieurs familles des invertébrés avec M. Audouin, avantageusement connu par ses travaux anatomiques sur les insectes.

pes qu'ils ont établis, les instrumens qu'ils ont inventés pour la mesure d'actions inconnues avant nous, ont fourni à MM. Prévost et Dumas les moyens de faire des recherches très-intéressantes sur les rapports de l'électricité et de l'économie animale. Je dois à leur amitié un exposé succinct de nos connaissances relatives à ce sujet, qui forme un appendix à cet ouvrage.

Des tables placées à la fin présentent les résultats individuels des principales séries d'expériences, afin que le lecteur puisse mieux juger des bases sur lesquelles les conclusions sont fondées. En les parcourant, il assistera pour ainsi dire aux recherches; il pourra, d'un coup-d'œil, comparer la différence des résultats selon celle des conditions extérieures, suivre la généralité d'un phénomène et ses modifications chez les individus d'espèces et de classes différentes, et donner ou retenir son assentiment selon que la nature et lo

nombre des faits lui paraîtront plus ou moins satisfaisans.

L'examen d'un fait me conduisant toujours à un autre, il en est résulté une liaison intime entre tous les phénomènes que j'ai exposés. Le point de départ est déterminé par l'importance relative de l'agent physique. Tous, à la vérité, sont indispensables à l'entretien de la vie; mais comme l'air paraît être celui dont le besoin est le plus pressant, j'ai commencé par l'étude des effets qui résultent de sa privation. Le point de départ détermine également le choix des animaux. Ceux qui offrent le champ le plus étendu à l'observation, soit par la durée des phénomènes, soit par la facilité de multiplier les expériences, devaient être étudiés les premiers : c'est pourquoi j'ai choisi d'abord la famille des batraciens.

Ils réunissent d'ailleurs plusieurs autres avantages qui les rendent les plus propres à

fournir les premières notions sur l'influence des agens physiques; et comme ils participent des qualités des reptiles et des poissons, les connaissances qui résultent de leur étude nous permettent de passer plus rapidement sur les autres vertébrés à sang froid, et de renvoyer aux tableaux les preuves détaillées de la similitude des phénomènes, ne nous arrêtant qu'aux cas particuliers qui semblent d'abord faire exception, et dont l'examen fournit de nouveaux rapports qui se reproduisent par la suite.

La chaleur des mammifères et des oiseaux étant le caractère physiologique qui les distingue le plus des reptiles et des poissons, c'est par là que je commence l'étude des animaux à sang chaud; et considérant le développement de la chaleur comme une fonction, quels qu'en soient la cause ou les organes, je cherche à déterminer les variations qu'elle éprouve suivant diverses conditions relatives

nombre des faits lui paraîtront plus ou moins satisfaisans.

L'examen d'un fait me conduisant toujours à un autre, il en est résulté une liaison intime entre tous les phénomènes que j'ai exposés. Le point de départ est déterminé par l'importance relative de l'agent physique. Tous, à la vérité, sont indispensables à l'entretien de la vie; mais comme l'air paraît être celui dont le besoin est le plus pressant, j'ai commencé par l'étude des effets qui résultent de sa privation. Le point de départ détermine également le choix des animaux. Ceux qui offrent le champ le plus étendu à l'observation, soit par la durée des phénomènes, soit par la facilité de multiplier les expériences, devaient être étudiés les premiers : c'est pourquoi j'ai choisi d'abord la famille des batraciens.

Ils réunissent d'ailleurs plusieurs autres avantages qui les rendent les plus propres à

fournir les premières notions sur l'influence des agens physiques; et comme ils participent des qualités des reptiles et des poissons, les connaissances qui résultent de leur étude nous permettent de passer plus rapidement sur les autres vertébrés à sang froid, et de renvoyer aux tableaux les preuves détaillées de la similitude des phénomènes, ne nous arrêtant qu'aux cas particuliers qui semblent d'abord faire exception, et dont l'examen fournit de nouveaux rapports qui se reproduisent par la suite.

La chaleur des mammifères et des oiseaux étant le caractère physiologique qui les distingue le plus des reptiles et des poissons, c'est par là que je commence l'étude des animaux à sang chaud; et considérant le développement de la chaleur comme une fonction, quels qu'en soient la cause ou les organes, je cherche à déterminer les variations qu'elle éprouve suivant diverses conditions relatives

d'une part à l'organisation, d'autre part à l'action des agens extérieurs. Les données qui résultent de cet examen fournissent des élémens qui entrent dans un grand nombre d'autres phénomènes qui sont l'objet de recherches ultérieures. Le commencement de la troisième partie correspond aux recherches, dans la première, où j'examine l'influence de la température extérieure sur des vertébrés à sang froid; je n'y fais pas allusion aux faits qui précèdent, m'étant astreint, en m'occupant des animaux à sang chaud, à les considérer d'une manière indépendante.

Ce n'est que dans la quatrième partie, relative à l'homme et aux vertébrés, que j'envisage les phénomènes sous un point de vue plus étendu, au moyen des faits précédens, et d'autres qui servent, soit à les compléter, soit à fournir des considérations nouvelles. Cette généralité même nous permet de nous

occuper de l'homme : c'est le but que je me suis proposé; tout y conduit, tout s'y rapporte.

Les rapports entre les agens physiques et l'économie animale étant pour ainsi dire infinis, il fallait faire un choix. Je me suis borné à la détermination des actions immédiates que l'état des sciences physiques me fournissait les moyens d'apprécier, et à l'examen de leurs combinaisons.

Dans le choix des conditions dont je voulais reconnaître l'influence, j'ai toujours été guidé par le désir d'établir des principes susceptibles d'applications utiles.

Les agens que j'ai examinés ayant des rapports immédiats avec le système nerveux, les organes de la respiration et de la circulation, de la transpiration et de l'absorption, j'ai été conduit à l'examen d'un grand nombre de faits qui intéressent l'hygiène et la pa-

thologie; et l'on s'en fera facilement une idée d'avance, sachant que je me suis particulièrement occupé des modifications dépendantes des constitutions et des changemens que ces constitutions éprouvent par l'effet des agens extérieurs.

La plupart des faits exposés dans cet ouvrage ont été d'abord consignés dans les Mémoires que j'ai lus à l'Académie royale des Sciences de Paris, ou que j'ai présentés aux concours qu'elle a établis pour le prix de Physiologie expérimentale (1).

---

(1) Le chap. Ier, 1re partie, *de l'Asphyxie*, a été lu à l'Académie royale des Sciences, en 1817, et imprimé dans les *Annales de Physique et de Chimie*, même année, tom. v; le chap. IIe, 1re partie, *de l'Influence de la Température*, lu à l'Académie en 1818 et publié dans les *Annales de Physique et de Chimie*, même année, tom. VIII; le chap. IIIe, 1re partie, *de l'Influence de l'air contenu dans l'eau*, lu à l'Académie en 1818, et inséré dans les *Annales de Physique et de Chimie*, tom. x; le chap. IVe, 1re partie, *de l'Action vi-*

Je prends cette occasion de reconnaître les obligations que j'ai à mon élève M. Vavas-

---

ifiante de l'Atmosphère; le chap. V, 1re partie, *de l'Influence de l'Atmosphère sur la transpiration*; le chap. VI, 1re partie, *de l'Absorption et de la Transpiration dans l'eau*, lus à l'Académie des Sciences en 1819.

Ces trois chapitres, réunis à la 2e partie, avec un exposé succinct des faits contenus dans la 3e, ont été présentés au concours pour le prix de Physiologie expérimentale en 1819, et couronnés par l'Académie royale des Sciences avec l'ouvrage de M. Serres sur l'*Ostéogénie* en 1820. M. Cuvier a rendu compte de ces Mémoires dans l'*Analyse des travaux de l'Académie royale des Sciences*, publiés chaque année. Les § 1 et 2 du chap. XVI, 4e partie, sont un extrait d'un Mémoire que j'ai lu à l'Académie en janvier 1821, intitulé : *de la Respiration et de l'Influence des saisons sur l'économie animale*, et qui, présenté au concours, a partagé le prix de Physiologie expérimentale avec le Mémoire de M. Dutrochet sur l'Accroissement et la Reproduction des végétaux. Le § 3, *de l'Exhalation et de l'Absorption de l'Azote*, chap. XVI, 4e partie, a été lu à l'Académie en 1823, et imprimé dans les *Annales de Physique et de Chimie*, et dans le *Journal de Physiologie* de M. Magendie. Le

seur, qui m'a aidé dans le cours de mes expériences.

---

§ 4, *de la Production de l'Acide carbonique dans la respiration*, et le § 5, *Vue générale des altérations de l'air dans la respiration*, ont été lus à l'Académie la même année. On verra, dans plusieurs endroits de cet ouvrage, que je ne m'étais pas proposé d'abord d'y traiter des altérations de l'air par la respiration, sujet qui devait faire partie d'un autre ouvrage sur l'influence des principaux agens chimiques. Mais je me suis décidé, par des raisons qu'il est inutile de rapporter, à publier ici ces recherches, qui, d'ailleurs, servent de complément à celles qui précèdent.

Comme il s'est glissé quelques erreurs dans les numéros des Tables, et que l'exactitude des renvois est indispensable à l'intelligence du texte, je prie le lecteur de faire les corrections indiquées dans l'errata.

DE L'INFLUENCE DES AGENS PHYSIQUES SUR LA VIE.

PREMIÈRE PARTIE.

LES BATRACIENS.

CHAPITRE PREMIER.

De l'Asphyxie.

L'action de l'air dans la respiration est un des premiers phénomènes qu'on ait examinés en physiologie, et l'un des derniers que l'on ait étudiés avec fruit. La solution de cette question dépendait en grande partie d'une autre science qui n'a fourni cette lumière que dans des temps très-rapprochés de nous.

Lorsque Priestley eut découvert le gaz oxygène et sa propriété de convertir le sang noir en sang rouge, et que Lavoisier eut jeté les fondemens de la nouvelle théorie chimique, Goodwin en fit l'application à l'asphyxie, et démontra, par des expériences exactes et combinées avec art, que l'ex-

clusion de l'air, en empêchant la conversion du sang noir en sang rouge, causait la mort des animaux. Bichat reprit cet objet, et, sous le titre de *Recherches sur la Vie et la Mort*, fit un traité sur l'asphyxie. Il vit une grande partie de son sujet, et, par une belle suite d'expériences, chercha à déterminer le triple rapport du système nerveux, de la respiration et de la circulation. Il en conclut que le sang veineux, en pénétrant le cerveau, fait cesser ses fonctions, et qu'ensuite le cœur cesse d'agir par la même cause.

Legallois traita aussi de l'asphyxie dans l'ouvrage qu'il intitula : *Recherches sur le principe de la vie*, et fit voir que le sang veineux, en agissant sur la moelle épinière, faisait cesser les mouvemens du cœur.

Il est à remarquer que ces physiologistes firent leurs expériences, presque exclusivement, sur les animaux à sang chaud. Cependant les phénomènes qu'offrent les animaux à sang froid méritaient une attention particulière. Spallanzani s'en était occupé dans ses *Recherches sur les Rapports de l'air avec les êtres organisés*; ouvrage aussi remarquable par le nombre que par l'importance des faits. Les altérations que l'air éprouve de la part des organes susceptibles de le modifier était son objet principal, et les rapports entre les trois grandes fonctions sur lesquelles Bichat et Legallois ont tant insisté, avait peu fixé son attention; mais, à cette époque, la physiologie n'avait pas fait les progrès

qui ont eu lieu depuis ce célèbre physicien et naturaliste, et la chimie n'avait pas encore perfectionné ses procédés pour l'analyse des gaz. Aussi un des savans qui ont contribué le plus efficacement à ce perfectionnement a-t-il publié un travail sur la respiration des poissons, qui ne laisse rien à désirer sous ce rapport (1).

Les phénomènes que présentent les animaux à sang froid sont si extraordinaires, qu'ils semblent ne pouvoir être rapprochés de ceux que nous offrent les autres animaux vertébrés. On ne les croirait pas même unis entre eux par un lien commun, si une étude approfondie de la nature ne faisait toujours découvrir l'uniformité de ses lois.

§ Ier. *Influence comparée de l'Air et de l'Eau sur les systèmes nerveux et musculaire.*

Avant d'étudier les phénomènes de l'asphyxie et leur dépendance mutuelle, on doit rechercher si le milieu dans lequel elle a lieu n'a pas une autre action que celle qui a rapport aux poumons. Parmi ces milieux, il n'en est point dont il nous importe plus d'apprécier l'influence que l'air et l'eau. Or, les singulières modifications de la vie des reptiles nous en fournissent les moyens. On sait qu'ils sont doués de cette étonnante propriété,

(1) *Mémoire sur la Respiration des Poissons*, par MM. de Humboldt et Provençal, dans les *Mem. de la Soc. d'Arcueil.*

qu'après l'excision du cœur, ils vivent pendant un temps considérable avec le libre exercice des sens et des mouvemens volontaires. Par l'excision du cœur, la circulation du sang est supprimée. Je n'examinerai pas ici s'il subsiste quelque oscillation de ce fluide, un court espace de temps après cette opération ; il suffit que la circulation proprement dite cesse par ce moyen. Remarquons d'ailleurs que, par l'excision du cœur, le sang s'écoule en grande partie, et que ce qui en reste peut être regardé comme une portion intégrante des organes.

Mais l'anéantissement de la circulation entraîne nécessairement celui de la respiration. Il ne subsiste donc plus que l'action des systèmes nerveux et musculaires, qu'on ne peut isoler, puisqu'on ne juge de l'action des nerfs que par les mouvemens que les muscles exécutent, au moins dans les expériences sur les animaux. C'est en réduisant les animaux à cet état de simplicité de fonction qu'on peut résoudre la question que je me suis proposée.

Si, après avoir excisé le cœur à des reptiles, en ayant soin d'enlever aussi le bulbe de l'aorte, on en met un égal nombre à l'air et dans l'eau non aérée, la différence, s'il en existe, des durées de la vie donnera, dans ces deux circonstances, celle de l'influence respective des milieux sur le système nerveux et musculaire, indépendamment de leur influence sur la circulation et la respira-

tion : c'est ce que j'ai exécuté sur des salamandres, des grenouilles et des crapauds.

J'excisai le cœur à quatre salamandres crêtées (S. triton), avec la précaution d'enlever le bulbe de l'aorte; j'en exposai deux à l'air, et je plongeai les deux autres dans l'eau à la même température, et privée d'air par l'ébullition. Dans l'une et l'autre circonstance, elles furent très-vivaces pendant long-temps; mais leur activité diminua ensuite et ne se manifesta plus que par des mouvemens à d'assez longs intervalles. Au bout de quatre à cinq heures, les salamandres dans l'eau paraissaient mortes; mais on s'assura qu'elles existaient, en les remuant ou les pinçant, sans les exposer à l'air, précaution absolument nécessaire. L'une mourut au bout de huit heures, et l'autre de neuf. Les salamandres qui étaient dans l'air vécurent, au contraire, de vingt-quatre à vingt-six heures, différence considérable en faveur de l'action de l'air, mais qui avait besoin d'être constatée par d'autres expériences. Je les répétai donc, avec les mêmes précautions, sur six autres salamandres, et j'obtins des résultats analogues. Les salamandres qui étaient sous l'eau vécurent de sept à huit heures, et présentèrent les mêmes phénomènes que les précédentes; tandis que celles qui étaient exposées à l'air prolongèrent leur existence jusqu'à vingt-quatre ou vingt-neuf heures. Ces différences tranchées et comparatives ne pouvant dépendre que de la différence des milieux, il en résulte ce fait

que l'air, comparé à l'eau, est bàucoup plus propre à entretenir l'action du système nerveux de ces animaux, et que ce fluide a une action vivifiante sur leur économie, indépendamment de son influence par l'intermède de la circulation du sang et de la respiration.

Il fallait étendre ces recherches aux grenouilles. Je fis l'excision du cœur et du bulbe de l'aorte sur douze grenouilles (*R. esculenta*, *R. temporaria*) (1), dont je placai six dans l'eau non aérée, et six à l'air. Après cette opération, elles sautèrent avec une vivacité extraordinaire qui dura quelque temps. Celles qui étaient dans l'eau non aérée vécurent deux heures, et les grenouilles exposées à l'air vécurent une heure de plus. Il est à remarquer que le décroissement des mouvemens jusqu'à leur cessation, malgré les moyens d'excitation dont j'ai parlé, est bien plus rapide dans l'eau que dans l'air. Je répétai ce genre d'expériences un assez grand nombre de fois pour constater le fait. La même expérience réussit également sur les crapauds, et d'une manière comparative pour la durée.

La différence de l'action de ces deux milieux sur le système nerveux et musculaire des batraciens devient encore plus évidente par l'expérience suivante : Lorsqu'on a excisé le cœur à une gre-

(1) Les autres expériences ont été faites sur les mêmes espèces de salamandres et de grenouilles.

nouille, et qu'on l'a mise dans l'eau non aérée, si on attend le moment où elle a cessé de se mouvoir et qu'elle ne donne plus de signe de vie, quoiqu'on l'excite en l'agitant et en la pinçant, dès qu'on la retire de l'eau, elle commence à se ranimer et se met en mouvement. Cette action de l'air est subite, si l'on ne tarde pas trop à y exposer l'animal. L'inverse a également lieu avec la même promptitude. Lorsque l'animal est revenu, si on le replonge dans l'eau, toute apparence de vie cesse à l'instant, et l'on peut continuer de même, à plusieurs reprises, à le ranimer et à le priver de sensibilité et de mouvement en l'exposant alternativement à l'action de l'air et de l'eau. Si cette expérience met dans tout son jour l'influence vivifiante de l'air, indépendamment de son rôle dans la circulation et la respiration, elle rend également évidente l'action délétère de l'eau privée de ce fluide.

§ II. *Asphyxie dans l'eau*

Jusqu'ici nous nous sommes occupés d'expériences qui préparent à l'étude de l'asphyxie, et qui fournissent des élémens indispensables pour apprécier ce qui se passe dans cet état. Comment diffère-t-il de celui où se trouvent les animaux dans les expériences précédentes? Ils y étaient réduits à ne vivre que par le système nerveux et musculaire. Dans l'asphyxie, deux fonctions au moins s'exercent à la fois, l'action

de ce système réunie à la circulation du sang qui n'est plus en contact avec l'air extérieur dans les organes de la respiration.

On connaît le changement de couleur qu'éprouve le sang des reptiles par l'exclusion de l'air, et celui qui résulte du retour de ce fluide. Goodwin a constaté qu'il est analogue à celui qui a lieu chez les animaux à sang chaud. J'ai eu souvent occasion de vérifier cette observation, et je n'insisterai pas davantage sur ce sujet. Je remarquerai seulement que ce changement est prompt et sensible; mais comme des nuances de couleur sont sujettes à être diversement appréciées, et qu'il ne peut y avoir de point certain de départ, je compterai toujours l'asphyxie du moment où l'air extérieur est exclu des organes de la respiration, sauf à examiner, dans la suite, les modifications qui peuvent résulter de la quantité d'air qui reste dans les poumons. Pour abréger, et pour me servir d'expressions reçues, en parlant du sang qui n'est plus en contact avec l'air dans les organes de la respiration, je le désignerai par le terme de *sang noir* ou *sang veineux*, du moment où l'asphyxie commence, c'est-à-dire, aussitôt que l'air est exclu; me réservant d'examiner, dans la suite, les altérations qui en résultent, à différentes époques, dans la couleur et la nature du sang.

La première question qui se présente dans l'étude de l'asphyxie est de savoir, en faisant abstraction du milieu, quelle est l'influence de la

circulation du sang noir sur le système nerveux et musculaire. La solution de cette question dépend de la détermination, 1°. de la durée de la vie sous l'influence unique du système nerveux et musculaire; 2°. de la durée de la vie qui résulte de la combinaison de cette action avec la circulation du sang noir. La différence des temps, dans les deux cas, fera connaître l'influence qu'exerce sur le système nerveux la circulation générale du sang à l'abri du contact de l'air.

On voit que c'est la seule manière rigoureuse de traiter cette question, et qu'il importe beaucoup de la résoudre. C'est ce que j'essayai de faire de la manière suivante : j'excisai le cœur à des grenouilles qui furent mises sous un récipient dans de l'eau privée d'air par l'ébullition ; j'en laissai un égal nombre intactes, que je renfermai de même sous un récipient dans de l'eau non aérée. La différence, dans ces deux cas, a été quelquefois de plus de vingt heures en faveur des dernières, et elle a toujours été si marquée dans les expériences multipliées que j'ai faites, que je n'insisterai pas davantage sur ce point. J'ai obtenu des résultats analogues avec les crapauds et les salamandres.

Si l'air contenu dans les poumons laissait quelques doutes sur la simplicité des résultats, je remarquerai qu'on obtient des effets sensiblement analogues, soit en expulsant l'air des poumons par la pression des parties correspondantes du corps

de ces animaux plongés sous l'eau, soit en excisant les poumons.

L'influence du sang à l'abri de l'action de l'air est donc favorable à l'action du système nerveux et musculaire, puisqu'il la prolonge; mais ces deux fonctions, réunies dans l'asphyxie par submersion, ne fournissent qu'une existence éphémère.

§ III. *Strangulation.*

En appliquant ici un fait établi par le résultat de la première série d'expériences, nous pouvons présumer que l'eau qui exerce une action nuisible sur le système nerveux doit empêcher que la circulation du sang veineux prolonge autant l'action du système nerveux et musculaire qu'il le ferait dans un autre milieu moins nuisible à cette fonction. Si, par exemple, on asphyxiait ces animaux dans l'air, la vie devrait y être plus prolongée que dans l'eau : c'est ce qui a lieu en effet.

J'étranglai six grenouilles en assujettissant très-fortement avec une ficelle autour du cou, un morceau de vessie que j'appliquai très-exactement sur leur tête, de manière à en exclure l'air.

La strangulation était si forte, qu'elle seule devait intercepter le passage de l'air. Dans les premiers momens, les grenouilles furent paralysées; mais elles reprirent peu à peu leurs forces au bout de quelques minutes, sans cependant les recouvrer entièrement pendant le cours de l'expérience.

Je mis un pareil nombre de grenouilles dans l'eau; mais elles furent mortes au bout de dix ou douze heures; tandis que celles qui étaient étranglées vécurent d'un à cinq jours. Une d'elles était même très-vivace au bout de ce temps, lorsqu'elle s'échappa sans que je pusse la retrouver. Je fis des expériences analogues sur les salamandres; la paralysie eut lieu également, elle diminua ensuite; mais ces animaux eurent toujours, pendant le cours de l'expérience, les mouvemens extrêmement lents, et les pattes antérieures ne tardèrent pas à devenir percluses. Afin de prolonger, autant que possible, la vie de ces animaux, j'entretenais leur corps dans un état d'humidité. Les salamandres qui étaient comparativement dans l'eau vécurent de dix à douze heures, tandis que celles qui étaient étranglées prolongèrent leur existence beaucoup au-delà. Une d'elles vécut même onze jours; mais la tête était atteinte de gangrène : je m'en servis pour faire des recherches analogues à cette expérience intéressante de M. Duméril, où une salamandre vécut long-temps après l'amputation de la tête et la formation d'une parfaite cicatrice au col, qui devait intercepter le passage de l'air dans les poumons; mais ce genre de recherches, quoiqu'il ait rapport à celles que je viens d'exposer, étant compliqué d'une grande lésion du système nerveux, doit être réservé pour l'époque où j'examinerai l'influence de la section de la moelle épinière sur les phénomènes de l'as-

phyxie. En comparant l'asphyxie par submersion avec la strangulation dans l'air, on voit que la différence dans la durée de la vie est quelquefois si démesurée, qu'il faut croire, ou que ces animaux peuvent vivre un grand nombre de jours sans autre action de l'air que son influence sur le système nerveux, ou que ce fluide agit aussi sur le sang à travers la peau.

§ IV. *Respiration cutanée.*

Spallanzani a conclu de ses recherches, que lorsque la peau de ces animaux est en contact avec l'air, il y a production d'acide carbonique; mais, dans les expériences qu'il a faites, il y avait une circonstance qui pouvait être une source d'erreurs. Il opéra sur des batraciens dont il avait excisé les poumons. Dans ce cas, le sang de la plaie, en contact avec l'air, devait nécessairement produire de l'acide carbonique, et d'autant plus que la section des vaisseaux pulmonaires fournit une hémorrhagie considérable. M. Chevillot et moi, nous avons cherché à parer à cet inconvénient de la manière suivante.

Nous avons mis dans des vases, avec de l'air atmosphérique, des grenouilles dont la tête était enveloppée dans de la vessie fortement assujettie autour du col, comme dans l'expérience précédente, de manière à ce que la strangulation interceptât le passage de l'air. Nous les retirâmes vivantes au bout d'une heure ou deux, et ayant examiné l'air de la

cloche qui avait été en contact avec la peau des grenouilles, nous y reconnûmes une quantité appréciable d'acide carbonique.

Nous déterminâmes de la même manière la présence de l'acide carbonique dans l'air, en contact avec la peau des salamandres.

Qu'il me suffise, en cette occasion, d'avoir constaté que, lorsque l'air atmosphérique est en contact avec la peau de ces animaux, on y trouve de l'acide carbonique, soit qu'il résulte de l'exhalation, soit que l'oxygène concoure, en tout ou en partie, à sa formation. Je m'arrête ici sur ce point, et je renverrai l'examen de toutes les questions que ce sujet peut faire naître à l'époque où je présenterai en détail les changemens chimiques que ces organes font éprouver à l'air.

Il suit des expériences que j'ai rapportées sur la strangulation des reptiles dans l'air, que le temps considérable qu'ils peuvent vivre dans cet état doit en partie être rapporté à une action de l'air sur la peau, dont j'examinerai la nature dans la suite.

§ V. *Animaux renfermés dans les corps solides.*

Je ne chercherai pas à constater ici l'action des autres gaz : mon but est de déterminer l'influence du sang noir à l'abri de tout agent extérieur capable d'y produire des changemens chimiques, ou d'agir sensiblement sur le système nerveux. Le moyen d'y parvenir serait peut-être de

renfermer les animaux dans des corps solides. Si ces substances n'avaient pas d'action nuisible sur le système nerveux, il est à présumer que l'asphyxie serait plus prolongée que dans l'eau. Cette idée rappelle la fameuse expérience de Hérissant, qui, entreprise pour juger de la probabilité de quelques faits qui pouvaient passer pour fabuleux, devint presqu'aussi problématique elle-même.

On sait qu'en 1777 il renferma, dans des boîtes scellées dans du plâtre, trois crapauds, qui furent déposés à l'Académie des Sciences. On ouvrit les boîtes dix-huit mois après, en présence de quelques-uns de ses membres. Un des crapauds était mort; les deux autres vivaient. Personne ne pouvait douter de l'authenticité du fait; mais l'expérience elle-même fut exposée aux mêmes objections que les observations auxquelles elle devait servir de terme de comparaison. Ces observations se rapportaient à des crapauds qu'on avait trouvé vivans dans de vieux murs, où ils avaient été scellés pendant des années, dans des blocs de charbon de terre, et même dans des pierres où ils avaient peut-être vécu pendant un temps incalculable. On a objecté que, dans l'un et l'autre cas, il y avait probablement quelque trou ou quelque crevasse par lesquels l'air s'insinuait, ou qui livraient passage aux animaux; mais cette objection ne me paraît pas valable quant à l'expérience de Hérissant : l'accès de l'air par une ouverture visible ne pouvait guère échapper à un aussi bon observateur. C'est

cependant une chose remarquable que les circonstances de l'expériences aient été complètement passées sous silence; ni les dimensions, ni la substance de la boîte n'ont été indiquées, ni l'épaisseur du plâtre qui la recouvrait; et c'est particulièrement le défaut de précision dans la détermination des circonstances où se trouvèrent les animaux, quand on les a découverts dans des corps solides, qui rend problématiques les conclusions qu'on en tire. Aussi un savant naturaliste (1) qui, dans ses voyages, a beaucoup enrichi l'histoire des batraciens, appuyé d'ailleurs de quelques expériences, a-t-il douté de ce résultat. J'observerai, à l'égard de l'expérience de Hérissant, qu'il paraît qu'il y avait de l'air dans les boîtes où les crapauds étaient renfermés; ce qui ne s'accorde pas avec le but que je me suis proposé. Mon intention étant d'étudier l'asphyxie dans les corps solides, je ne devais pas y laisser d'air. Cette modification est importante et change la nature de l'expérience,

Le 24 février 1817, je fis sur quinze crapauds communs les expériences suivantes : je pris d'abord cinq boîtes de bois blanc, dont trois avaient 4 pouces cubes, les deux autres $4\frac{1}{2}$ p. de long sur 4 de large, et $2\frac{1}{2}$ de profondeur. Je mis du plâtre gâché au fond des boîtes jusque vers le milieu; j'y plaçai

(1) *Diction. d'Hist. Naturelle.* Déterville. Art. *Crapaud*, par M. Bosc.

ensuite le crapaud, que je contins d'une main pour l'empêcher de quitter sa situation au centre; je le couvris ensuite de plâtre dont je remplis les boîtes, qui furent fermées et ficelées.

Je me servis ensuite de cinq autres boîtes circulaires de carton, ayant 3½ pouces de diamètre et 2 pouces de profondeur; j'y enterrai cinq autres crapauds avec les mêmes précautions; j'égalisai le plâtre par-dessus, et j'eus bien soin de ne point y laisser de fissure; j'y adaptai ensuite les couvercles; en même temps je mis les cinq autres crapauds dans de l'eau, pour comparer la durée de ce genre d'asphyxie avec celui qui pouvait avoir lieu dans le plâtre.

Le même jour, à minuit, tous les crapauds que j'avais mis dans l'eau étaient morts, c'est-à-dire, huit heures après le commencement de l'asphyxie. Le lendemain, à quatre heures du soir, j'ouvris une des boîtes de carton; je détachai avec précaution une partie du plâtre, et l'animal, quoique engagé presque entièrement dans cette substance, exécuta des mouvemens et se mit à coasser. Ainsi, seize heures après la mort des crapauds dans l'eau, celui qui était enfermé dans du plâtre était encore très-vivace; mais comme il n'avait pas atteint la limite à laquelle ces animaux peuvent parvenir dans l'asphyxie par l'eau, je remplis l'ouverture avec du plâtre gâché, ayant soin d'en accumuler plusieurs lignes au-dessus du niveau précédent. Je l'abandonnai ensuite avec les autres, et

ne l'ouvris que le 15 mars suivant, et le trouvai parfaitement en vie le dix-neuvième jour, à dater du commencement de l'expérience. Je laissai les autres pour les examiner dans un temps plus éloigné.

Cette expérience, souvent répétée dans des circonstances convenables, m'a constamment donné une durée de la vie bien plus grande que dans l'asphyxie par l'eau. Ces circonstances seront développées dans une autre occasion. Il importe ici d'établir le fait principal dégagé de toutes ses modifications. Je me livrai au même genre d'expériences sur les salamandres. Le 6 mars, je mis dans des boîtes de carton de même dimension que les précédentes, six salamandres crêtées que j'environnai de plâtre avec les mêmes précautions que j'ai décrites plus haut. J'en découvris une le 25 avril suivant, et je la trouvai vivante, mais amaigrie, après avoir été enfouie dans le plâtre l'espace de dix-neuf jours. Les salamandres mises dans l'eau périrent dès le premier. Les autre salamandres restèrent dans le plâtre pour être examinées à une autre époque.

Je répétai ce genre d'expériences sur les mêmes animaux, et je trouvai que, dans les circonstances convenables, leur existence dans le plâtre était beaucoup plus prolongée que dans l'eau. Je constatai ce même fait sur les grenouilles, avec cette différence qu'elles y vivent moins long-temps; mais les limites que ces animaux peuvent atteindre

dans cet état n'est pas ce qu'il s'agit d'abord d'établir. Il suffit de déterminer qu'ils peuvent exister un plus grand nombre de jours enterrés dans des corps solides; c'est un des faits les plus extraordinaires que puisse fournir l'histoire des reptiles. Il paraît une exception à la nécessité de l'air, que l'on regarde comme indispensable à la vie de tous les animaux. Il paraît plus extraordinaire encore, en comparant la durée de la vie de ces animaux, lorsque les uns sont exposés à l'air, et d'autres enfouis dans des corps solides. J'ai exposé quatre grenouilles à l'air dans un bocal sec; j'en ai mis, en même temps, un pareil nombre dans du sable que j'avais eu soin de dessécher convenablement, et de laisser refroidir ensuite jusqu'à ce qu'il prît la température de l'atmosphère. Je les retirai toutes les vingt-quatre heures, afin de m'assurer si elles étaient encore en vie. Le troisième jour, toutes celles qui étaient à l'air étaient mortes, à l'exception d'une seule; tandis que toutes celles qui étaient enfouies dans le sable, à l'exception d'une, étaient encore parfaitement vivantes.

Il en est de même des salamandres, mais à un plus haut degré; car elles vivent également peu dans l'air sec, et leur existence dans le plâtre est beaucoup plus prolongée que celle des grenouilles. Il semblerait donc devoir résulter des expériences précédentes que, non-seulement la vie des reptiles peut se continuer long-temps lorsqu'on les soustrait à l'air, en les enterrant dans des corps solides,

mais que c'est encore un moyen de la prolonger : ce qui viendrait à l'appui de ces récits merveilleux, mais attestés par des personnes dignes de foi, qui nous apprennent que des animaux de cette famille ont vécu dans des corps solides, à l'abri de l'air, pendant des temps incalculables.

Mais des faits de cette nature qui tiennent du prodige, et qui sont une exception aux autres faits connus, méritent l'attention la plus scrupuleuse et le plus mûr examen. Que le sable contient de l'air, c'est un fait évident ; mais il est remarquable qu'il en contienne assez pour l'entretien de la vie de ces animaux. Il est extrêmement probable que, s'ils ne devaient y vivre qu'aux dépens de l'air qu'ils y pourraient respirer par les poumons, ils auraient de la peine à y exister. Nous avons vu plus haut que le contact de l'air sur la peau sert à entretenir la vie, lorsqu'il est en quantité suffisante ; mais il ne paraissait nullement probable que la porrosité du plâtre pût admettre assez d'air, et en permettre assez tôt le renouvellement, pour que ces animaux fussent en état d'y vivre par ce moyen. Cependant des recherches exactes étaient nécessaires pour ne laisser aucun doute à cet égard ; c'est pourquoi je fis les expériences suivantes : je pris un tube ouvert de 5 pouces de long et de 5 ou 6 lignes de diamètre : j'en bouchai une extrémité avec du plâtre gâché, dans l'étendue d'environ un pouce, en ayant soin de le recouvrir en dehors. Je le laissai sécher, et mis encore du plâ-

tre par-dessus, pour boucher les ouvertures imperceptibles qui pourraient s'y trouver. Lorsque le tout fut convenablement sec, je remplis le tube de mercure; je le renversai dans ce liquide, et je ne tardai pas à voir l'air y pénétrer et faire descendre le mercure; cette expérience, répétée plusieurs fois, eut toujours le même résultat : il était donc évident que l'air entrait librement dans le plâtre.

Je pris des boîtes de carton remplies de plâtre, et telles que je les ai décrites plus haut; je les plaçai dans l'eau, et après les y avoir laissées quelque temps, je les retirai; les ayant ouvertes, je trouvai le plâtre humide intérieurement dans toute son étendue, je fis la même expérience sous le mercure avec des résultats analogues. Il aurait pu se faire cependant que la quantité d'air qui pénètre dans le plâtre fût insuffisante pour entretenir la vie de ces animaux : c'est pourquoi j'enfermai des grenouilles, des salamandres et des crapauds dans du plâtre, comme dans les expériences précédentes, et je plaçai les uns sous l'eau, les autres sous le mercure, pour intercepter l'air; mais je n'eus plus le résultat que j'avais obtenu précédemment. Ces animaux ne vivaient guère plus long-temps que dans l'eau. Dans vingt expériences, sur ces différentes espèces, j'ai constamment eu le même résultat.

Il suit donc de ces nouvelles recherches, que les faits résultant de mes premières expériences

sur les animaux vivans dans des corps solides, qui paraissaient de singulières exceptions à la nécessité de l'air pour l'entretien de la vie, se concilient parfaitement avec elle.

Mais il reste à savoir comment la vie de ces animaux peut avoir une plus grande durée, soit dans le sable, soit dans le plâtre, que dans l'air.

La solution de cette question dépend de l'observation des phénomènes qu'ils présentent dans l'un et l'autre cas, jusqu'à leur mort.

Les grenouilles et les salamandres maigrissent rapidement à l'air et se dessèchent; à mesure qu'elles maigrissent, leurs mouvemens deviennent plus difficiles : elles se meuvent cependant jusqu'à ce qu'elles aient perdu la quantité d'eau nécessaire à leur existence.

J'ai ouvert les boîtes de bois blanc et de carton contenant des crapauds et des salamandres, dont je m'étais servi dans les premières expériences de ce genre, que j'ai rapportées plus haut. Ces ouvertures ont été faites dans les mois d'avril, de mai et de juin, c'est-à-dire, dans l'espace de six semaines à deux mois et demi, à dater du commencement de ces expériences. Je trouvai tous ces animaux morts, et dans un état de dessiccation complète. Je fis les mêmes observations sur les grenouilles qui étaient mortes dans le sable. J'en conclus que ces animaux, dans l'un et l'autre cas, mouraient probablement par la même cause, c'est-à-dire, par la perte de fluide causée par la transpiration, perte

qui n'était point réparée; et je présumai que la transpiration devait être moins grande dans le plâtre que dans l'air.

C'est ce que je vérifiai par les expériences suivantes sur vingt-quatre grenouilles. Les unes furent exposées à l'air dans des vases secs; les autres enterrées dans du sable desséché, et refroidi à la température de l'air. Je les renfermai dans des vases dont l'ouverture fut couverte avec de la vessie, ou du papier qu'on assujettit avec de la ficelle. Ces animaux furent gardés dans le même endroit. J'en pesai comparativement un certain nombre à différens intervalles, à la distance de deux, trois, quatre et cinq jours, et j'ai constamment observé une perte plus grande à l'air que dans le sable. Le détail des résultats est exposé dans un tableau (1). J'ai fait des expériences analogues avec les salamandres, et j'ai obtenu un résultat semblable. J'ai fait, à ce sujet, quelques expériences comparatives dans l'air et dans le plâtre, sur des crapauds, et la différence était bien plus marquée que dans le sable.

Ces résultats nous mettent maintenant à même d'éclaircir ce paradoxe, que ces animaux peuvent vivre plus long-temps dans le sable et dans le plâtre que dans l'air. C'est que l'évaporation que rien ne répare est une cause de mort chez les batraciens. Or, la transpiration est plus abondante

(1) *Voyez* tableau n° 1, à la fin du volume.

dans l'air que dans les corps solides; et la mort, toutes choses égales d'ailleurs, doit y être plus prompte.

Lorsqu'on réfléchit à la raison pour laquelle la transpiration de ces animaux est moins considérable dans des corps solides, on voit que cet effet est en rapport avec des circonstances physiques, qui augmentent ou diminuent la rapidité de l'évaporation. Ainsi, les particules des corps solides, en diminuant l'espace dans lequel les vapeurs se répandent, et en s'opposant à leur diffusion, doivent rendre l'évaporation sensiblement moindre dans un temps donné. Pour confirmer ce rapprochement, M. Chevillot et moi, nous avons fait des expériences sur des grenouilles et des salamandres, que nous avons placées sous le récipient d'une machine pneumatique, dans lequel nous faisions continuellement le vide. Nous avons pesé les animaux qui avaient été dans l'air, et ceux que nous avions retiré du vide. La transpiration, dans le temps, était bien plus grande dans le vide que dans l'air (1).

Enfin, en comparant l'asphyxie dans le vide avec la submersion dans l'eau, nous avons déterminé, d'après des expériences que nous avons faites sur douze grenouilles et trois salamandres, que la mort est plus prompte dans le vide que dans l'eau : c'est que dans le vide, ces animaux sont ex-

---

(1) *Voyez* tableau n° 2, A.

posés au moins à deux causes de mort, l'évaporation rapide et abondante, jointe au défaut d'air (1).

---

(1) *Voyez* tableau n°. 2. B.

CHAPITRE II.

De l'Influence de la Température.

DANS les recherches précédentes, je n'ai considéré aucune des circonstances qui pouvaient faire varier les effets que j'ai obtenus. Ces conditions ont une si grande influence, que si l'on répétait mes expériences sans en tenir compte, l'on pourrait parvenir à des effets très-différens et même opposés.

Ce sont ces causes de variation que j'entreprends de déterminer. Ces recherches exigeaient un terme de comparaison qui pût être regardé comme fixe. Ainsi, pour déterminer les causes qui pouvaient faire varier les effets de l'asphyxie par submersion dans l'eau, j'ai multiplié mes recherches dans des circonstances analogues, afin de m'assurer si je pourrais reproduire à volonté les mêmes effets dans les mêmes limites, et m'en servir ensuite comme terme de comparaison.

Dans cette vue, j'ai fait, dans les mois de juillet et de septembre 1816, quarante-deux expériences sur la submersion des grenouilles dans l'eau aérée, pour y constater la durée de leur vie.

La température moyenne du mois de juillet était de 15°, 6, et en septembre de 14°, 1. L'eau aérée dont je me suis servi a varié de 17°, à 15°; j'en remplis des verres de la capacité de 0,2$^{\text{lit.}}$, et je les renversai sur des soucoupes.

Je terminai l'expérience dès que l'animal ne présenta plus aucun mouvement dans l'eau lorsqu'il était pincé.

La durée de l'existence de ces animaux a varié d'une heure à deux heures vingt-sept minutes. Les mêmes durées extrêmes se sont reproduites, à quelques minutes près, tous les jours. En comparant le terme moyen des résultats de juillet avec celui de septembre, on trouve qu'ils sont très-approximatifs. Le terme moyen, pour le mois de juillet, est d'une heure trente-sept minutes, et pour septembre, d'une heure quarante-cinq.

Pour commencer à étudier les causes qui peuvent faire varier la vie des grenouilles plongées dans l'eau, j'ai recherché les effets de la température, dont l'influence est si puissante sur l'économie animale.

Spallanzani et quelques autres naturalistes ont déjà remarqué que les grenouilles submergées dans l'eau vivaient plus long-temps en hiver qu'en été. Comme ils n'ont pas fait de recherches spéciales sur ce sujet, j'ai voulu éclaircir davantage cette question. C'est pourquoi, j'ai fait les expériences suivantes, en même temps que les précédentes, afin que la seule différence appréciable fût la température dont je voulais étudier les effets.

L'eau de la Seine étant à 17°, je la refroidis au moyen de la glace, et je la maintins à 10° : de deux grenouilles qui y furent plongées, l'une vécut 5

heures 5o′, et l'autre 6h 15′ : ce qui est près du double de la plus grande durée obtenue dans les quarante-deux expériences précédentes. Ayant ensuite porté la température à zéro, et la maintenant à-peu-près à ce terme, j'y submergeai huit grenouilles, qui n'y moururent qu'au bout de 6h 7′, et de 8h 18′ : ce qui fait plus du triple du premier résultat.

On voit donc que la plus grande durée de l'asphyxie, dans l'eau à 16° ou 17°, est plus que doublée dans l'eau à 10°, et que même à la température de zéro, la durée peut être plus que triplée.

Puisque dans cette échelle, la durée de la vie des grenouilles a été inverse de la température, il était intéressant de déterminer quel serait l'effet des températures ascendantes, à partir de 17°. L'air étant à 20°, je plongeai quatre grenouilles dans de l'eau aérée à 22° ; elles n'y vécurent que de soixante-dix à trente-cinq minutes.

On remarquera que la plus longue et la plus courte durée sont à-peu-près la moitié des durées extrêmes dans les expériences précédentes, qui ont été faites à 15° ou à 17°.

Je submergeai ensuite trois grenouilles dans de l'eau que j'avais portée à 32°, c'est-à-dire, à une température plus élevée de 10° que dans l'expérience précédente : elles n'y vécurent que de trente-deux à douze minutes. Ainsi, en comparant les plus grandes et les plus petites durées de l'asphyxie, à la température de 32°, aux limites correspondantes

de l'asphyxie à 22°, on verra que la durée de la vie a diminué à-peu-près de moitié dans l'une de ces limites, et de deux tiers dans l'autre.

En portant ensuite la température à 42°, les grenouilles y trouvent, pour ainsi dire, une mort subite. Dans dix expériences, elles y ont vécu de quelques secondes à deux minutes.

Il est remarquable que la température à laquelle les grenouilles cessent de vivre dans l'eau soit à-peu-près celle qui est naturelle aux animaux à sang chaud.

Si donc, dans une saison semblable à celle où j'ai fait mes expériences, on prend pour limites, d'une part, la température de l'eau à zéro, et, d'autre part, celle de l'eau à 42°, on verra que la vie des grenouilles qu'on y plonge va toujours en diminuant avec l'élévation de température, jusqu'à ce qu'elles y meurent à 42°.

Des effets aussi opposés, produits par des températures si voisines, méritent de fixer l'attention.

Une température près de 0° est éminemment favorable à la vie des grenouilles plongées sous l'eau; mais que l'on ne croie pas qu'elles s'y engourdissent, et que ce soit la raison pour laquelle leur existence y est prolongée. Le degré de froid qui a lieu à 0° ne les engourdit pas dans l'eau; elles y sont moins agiles à cette température; mais elles y exercent des mouvemens volontaires, et jouissent de l'usage de leurs sens.

A mesure que l'on élève la température, on

voit un petit nombre de degrés d'une chaleur tempérée, produire des décroissemens considérables dans l'existence de ces animaux. On voit aussi leur agilité augmenter, jusqu'à ce qu'enfin elle devienne très-grande au degré où la température leur est si promptement fatale.

Les crapauds, soumis aux mêmes expériences, m'ont donné des résultats analogues. Les mêmes limites de température et les degrés intermédiaires produisent sur eux des effets à-peu-près semblables.

On pourrait être disposé à croire que, dans les climats chauds, les batraciens vivent dans l'eau dont la température s'élèverait quelquefois à 40° ou 42°. Mais en l'admettant, ce fait ne serait pas en opposition avec les expériences que je viens de rapporter. Les circonstances seraient bien différentes. Dans un cas, les animaux ont la liberté de respirer ; dans l'autre, ils en sont privés. J'ai déterminé la température à laquelle ils périssent lorsqu'ils sont plongés sous l'eau, et par conséquent, sans communication avec l'air de l'atmosphère ; j'ai examiné l'influence de la température sur ces animaux asphyxiés dans l'eau, et non pas son action dans les cas où ils auraient la liberté de respirer. C'est une question différente, et que j'examinerai dans la suite, mais qui ne doit pas nous occuper maintenant.

Je ferai la même remarque relativement à l'influence de la température opposée, c'est-à-dire,

de l'eau à zéro, qui a été la plus favorable à la vie des animaux qui y étaient plongés; car on pourrait m'objecter que ce n'est pas cette température de l'eau qu'ils recherchent en hiver; mais il s'agit ici d'asphyxie, c'est-à-dire, de ce qui se passe hors du contact de l'air.

Je ferai voir, dans la suite, le rapport qu'il y a entre ces phénomènes et le genre de vie de ces animaux en hiver.

Quant aux différences que la température peut amener dans la quantité d'air contenu dans l'eau, j'en fais abstraction jusqu'à ce que j'examine, d'une manière spéciale, toute l'influence qui peut résulter de la présence ou de l'absence de l'air dans l'eau.

Dans les expériences que j'ai faites sur l'influence des diverses températures de l'eau, depuis 0° jusqu'à 42°, la température moyenne de l'air était de 14° à 15°; celle des grenouilles n'était supérieure à la température de l'atmosphère, au moment de l'expérience, que d'environ 1°, 5 ou 2°.

On sait que c'est un caractère des animaux à sang froid de suivre les variations de température extérieure, et d'en différer très-peu. Or, on pourrait me demander si les changemens brusques de température que j'ai fait subir à ces animaux, en les plongeant dans l'eau à des degrés élevés, ne sont pas plutôt la cause de leur mort que cette élévation même de température, puisque le plus haut degré de cette chaleur pourrait être regardé

comme modéré, ne surpassant guère celui de notre sang.

Cette question est importante, et exige qu'on l'examine ici; car elle ne tendrait à rien moins qu'à renverser des résultats qui doivent servir de base à d'autres travaux. Mais ces expériences mêmes prouvent le contraire; car si en passant subitement à des températures plus élevées, la durée de la vie de ces animaux a été abrégée, elle a, au contraire, été augmentée dans des transitions également brusques dans l'échelle descendante.

Les transitions brusques ne sont donc pas la cause des effets nuisibles des élévations de température, et c'est à l'augmentation de la chaleur qu'il faut principalement rapporter ces effets. Mais de savoir si des transitions insensibles n'apporteraient pas des modifications dans ces résultats, est une question qui tient à l'influence de l'habitude sur les effets de la température. C'est un objet intéressant de recherches qui nous occupera plus tard.

A peine avons-nous fait les premiers pas dans les recherches expérimentales, en nous occupant d'une question en apparence de la plus grande simplicité, qu'il s'est présenté une foule de considérations qui viennent la compliquer, telles que l'influence du climat, la manière de vivre de ces animaux, l'action de l'air contenu dans l'eau, et ses rapports avec la chaleur, enfin l'effet de

l'habitude. Il n'y a pas une seule de ces conditions qui ne renferme des élémens nombreux et compliqués, dont chacun n'exerce une influence particulière.

Pour pouvoir rapporter les effets à leurs causes, dans des expériences où les conditions qui influent sur les résultats sont si compliquées, il faut, autant que possible, n'en faire varier qu'une seule, les autres restant les mêmes, et les combiner ensuite, à mesure qu'on avance dans l'appréciation de chaque condition.

C'est ainsi que j'ai considéré la température, en la faisant varier, tandis que toutes les autres conditions étaient, autant que possible, les mêmes.

Nous avons, par ce moyen, obtenu une échelle de température depuis 0° jusqu'à 42°, avec les durées correspondantes de la vie de ces animaux plongés dans l'eau. Dans cette série d'expériences, la température seule de l'eau a changé : tout d'ailleurs était semblable : même quantité d'eau aérée, même mode d'expérimenter, même température le jour de l'expérience, même saison. Or, en faisant les mêmes expériences, mais en ne variant qu'une de ces conditions, on ajoutera l'appréciation d'une nouvelle cause à celle qui a déjà été déterminée.

§ Ier. *Influence des saisons.*

Parmi les conditions que je viens d'indiquer, la saison est celle qui devait présenter le plus d'intérêt, et qui, en général, doit influer le plus sur l'économie animale. Or, en répétant les expériences précédentes dans des saisons différentes, on parviendra à apprécier l'influence des saisons.

On se rappelle qu'aux mois de juillet et de septembre, les grenouilles vivaient d'une heure à deux heures vingt-sept minutes dans l'eau aérée à 15° ou 17°. J'ai voulu déterminer combien elles vivraient au commencement de novembre, toutes les conditions étant les mêmes, excepté la saison.

Le 7 novembre 1817, je me servis du même appareil que dans les expériences précédentes; je mis dix grenouilles dans de l'eau aérée, dont j'eus soin d'élever et de maintenir la température à 17°, la même qu'en juillet et en septembre. Il en est résulté que, dans cette saison, la vie des animaux a varié de 2h 5' à 5h 35' : ce qui fait plus du double de la durée de leur vie, en été, dans de l'eau au même degré. Toutes les circonstances étant les mêmes, excepté la saison, on doit attribuer à cette cause la différence des résultats. C'est en automne que cette dernière expérience a eu lieu, et l'on voit que cette saison a considérablement prolongé la vie des grenouilles dans de l'eau au même degré qu'en été.

Mais sous quel rapport la saison a-t-elle pu produire cet effet? Car les saisons présentent une variété de causes qui peuvent agir sur l'économie animale. La température, l'intensité de la lumière, le poids de l'atmosphère, le degré d'humidité ou de sécheresse de l'air, son mouvement, son état électrique ; voilà les principales modifications de l'atmosphère. D'autres causes, en rapport avec les saisons, peuvent dépendre du genre de vie de ces animaux. Il s'agit maintenant de démêler, dans cette foule de causes, celle à laquelle doit se rapporter, en tout ou en partie, la différence qui a résulté des expériences faites sur les grenouilles en été et en automne.

Parmi les modifications de l'atmosphère, nous commencerons par élaguer celles dont les physiciens ne tiennent pas un compte exact, telles que l'intensité de la lumière et de l'électricité. Ce n'est pas qu'il faille les regarder comme sans effet, parce qu'elles ne sont pas appréciées ; mais nous devons en faire abstraction, jusqu'à ce que nous en connaissions la mesure. Les variations du poids de l'atmosphère ne peuvent pas manquer d'influer sur l'économie animale. Aussi, dans le chapitre précédent, ai-je déterminé un des principaux effets résultant de cette cause, en appréciant l'effet de la diminution de pression de l'air sur la transpiration ; mais quelle que soit l'action des pressions variées de l'air, elle peut être regardée comme nulle dans les expériences qui nous occupent ; car la pression

moyenne a peu varié dans les deux saisons où j'ai fait ces expériences.

L'état hygrométrique de l'air est une autre condition qui modifie la vie. J'ai déjà fait voir la grande influence qu'il exerce sur les batraciens qui séjournent à l'air; mais on doit la regarder comme nulle lorsqu'ils peuvent habiter l'eau. Par une raison analogue, je ferai également abstraction des vents. Il ne nous reste donc de toutes les influences atmosphériques que nous avons énumérées que celle de la température; mais elle n'a pu agir sur les animaux pendant la durée de l'expérience; car ils étaient plongés dans de l'eau qui a été maintenue au même degré dans les deux saisons. La température actuelle de l'air ne pouvait donc pas avoir d'influence. Il n'en est pas de même de la température qui a précédé l'expérience pendant un certain espace de temps. Les eaux peu profondes que les grenouilles habitent ne tardent pas à suivre les températures de l'air, et à en approcher plus ou moins. Ces animaux ont donc pu être modifiés par la température de la saison, un certain temps avant l'expérience. C'est sous ce point de vue que nous devons examiner ici les effets des saisons sur les batraciens. Les grenouilles soumises aux expériences du mois de juillet avaient été, durant le mois précédent, sous l'influence d'une température moyenne de l'air de 14°,8. Celles qui m'ont servi au mois de septembre avaient éprouvé, pendant le mois d'août, l'effet d'une tem-

pérature moyenne de 15°,5, différence peu considérable. Aussi la durée de la vie de ces animaux, plongés dans l'eau au même degré, a peu différé dans les deux; mais les grenouilles que j'asphyxiai le 7 novembre, dans de l'eau au même degré que dans les autres expériences, avaient été soumises pendant le mois précédent à une plus basse température, dont la moyenne était de 7°,3. Il en est résulté ce fait remarquable, que ces animaux ont pu vivre, dans cette saison, le double de ce qu'ils ont vécu en été dans de l'eau au même degré. En supposant ce résultat constant, et je le prouverai dans la suite, il s'est donc opéré un changement considérable dans la constitution de ces animaux, qui prolonge beaucoup leur existence dans l'eau.

Si l'on pouvait attribuer cet effet à la température antérieure de l'air, on serait arrivé à apprécier un des élemens les plus importans dans l'influence des saisons.

Pour s'en assurer, il s'agit de déterminer si la durée de la vie de ces animaux suit toujours les changemens dans la température de l'air antérieure à l'expérience.

Le 23 novembre 1817, l'eau et l'air étant à 10°, et la température moyenne de ce mois ayant été à-peu-près la même, je mis cinq grenouilles dans de l'eau à ce degré. Dans cette circonstance, elles y vécurent de 5h 10' à 11h 40' : ce dernier terme étant environ le double de la durée de leur vie dans l'eau au même degré en été.

Ces nouveaux résultats sont frappans, et prouvent la dépendance qui existe entre la vie des grenouilles sous l'eau et la température antécédente de l'air.

Les expériences, faites dans les deux saisons, établissent deux faits remarquables : 1°. l'influence de la température de l'eau dans laquelle ces animaux sont plongés ; 2°. l'influence de la température de l'air pendant un certain nombre de jours avant l'expérience. On peut même évaluer l'influence relative de ces deux causes. Lorsqu'une seule cause change, elle produit à-peu-près le même effet, quelle que soit celle des deux conditions qui varie. Il suit de là que, lorsqu'on réunit les deux influences analogues à la fois, l'effet est double. C'est pourquoi, dans cette dernière expérience, l'eau étant à 10°, ainsi que la température antérieure de l'air, on obtient une durée de la vie double de ce qui a lieu lorsque l'eau seulement, ou la température précédente de l'air, est seule à 10° ou près de ce terme, comme il est arrivé dans les expériences précédentes. Voilà ce qui a lieu lorsque la température n'est guère plus basse que 10°. Mais il serait intéressant de déterminer si l'influence de la température antérieure de l'air s'arrête à ce terme, ou si elle va en augmentant jusqu'à 0°, en produisant des effets à-peu-près semblables.

Pour décider cette question, je fis les expériences suivantes.

Le 22 décembre de la même année, la température de l'air ayant été près de 0° depuis 20 jours, je mis trois grenouilles dans de l'eau à 10° : elles y vécurent de 20 à 24 heures. Ainsi, l'influence de la température antérieure de l'air s'est manifestée encore, dans cette occasion, d'une manière frappante; car, si l'on compare cette durée avec celle des expériences faites en automne et en été, dans de l'eau au même degré, on verra une progression remarquable, correspondante aux températures précédentes de l'air.

Les durées de la vie des grenouilles dans de l'eau à 10° étaient, en novembre, doubles de celles qui eurent lieu en été; et, en décembre, les résultats furent doubles de ceux qu'on avait obtenus en automne.

Tel est l'effet de l'abaissement de température de l'air jusqu'à zéro, pendant vingt jours avant l'expérience où l'eau a été à 10°. Si les conséquences que nous avons tirées des expériences précédentes sont justes, on devrait, en réunissant la température précédente de l'air à 0°, et celle de l'eau également à 0° pendant l'expérience, obtenir un bien plus grand effet, qui devrait être au moins du double du précédent, si les mêmes causes agissent ici dans la même proportion. Pour vérifier cette conjecture, je fis l'expérience suivante.

Le 23 décembre, la température de l'air étant à 0°, et ayant été à-peu-près à ce degré depuis le commencement du mois, je mis quatre grenouilles

dans de l'eau également à 0°, en me servant du même appareil et des mêmes quantités d'eau que dans les expériences précédentes. Dans cette nouvelle condition, elles vécurent de 24 à 60 heures, qui sont au moins le double de la durée précédente. –

Cette expérience a donc pleinement confirmé la conclusion que je cherchais à vérifier; mais, comme un résultat pareil a besoin d'être répété pour être regardé comme constant, je dirai, pour ne laisser aucun doute à cet égard, que je ne me suis pas contenté de répéter souvent la même expérience pendant un hiver, mais que j'ai obtenu le même résultat deux années de suite.

Il suit de ce qui précède que l'influence de l'abaissement de la température de l'air, qui a subsisté un certain nombre de jours avant l'expérience, s'étend jusqu'au terme de 0°; mais on sent bien que c'est ici la limite inférieure de cette influence, puisque les animaux qui habitent l'eau sont, par la nature même de ce liquide, à l'abri d'un plus grand abaissement de température. Si, par un plus grand froid, l'eau où ils séjournent venait à se geler, ils se trouveraient dans une condition différente, qui doit être examinée à part, et qui appartient à l'asphyxie considérée dans les corps solides.

Il était intéressant de savoir si l'influence de la température antérieure de l'air se ferait sentir dans la durée de la vie des batraciens plongés dans de l'eau élevée à de plus hautes températures. Je

cherchai donc à déterminer si le terme de 42°, qui était celui où les batraciens périssent presque subitement en été, ne serait pas reculé, en faisant la même expérience sous l'influence d'une température antécédente beaucoup plus basse que celle de cette saison : c'est pourquoi, le 30 octobre, la température moyenne de l'air ayant été à 7° pendant tout le mois, je mis six grenouilles dans de l'eau chauffée à 42°, et maintenue à ce terme. Mais elles vécurent sensiblement le même temps que dans les expériences analogues que je fis en été, c'est-à-dire d'une à deux minutes.

Je fis la même expérience le 23 décembre, lorsque la température de l'air, pendant tout le mois, avait été voisine de zéro, et j'eus le même résultat. Ainsi, la même limite de température de l'eau met un terme à l'existence des grenouilles dans les diverses saisons, quelle que soit la température précédente de l'air. J'ai répété ces expériences sur les crapauds et es salamandres avec les mêmes résultats.

Je me bornerai ici à ces observations sur la température. Les faits qu'elles constatent serviront à éclairer ce qui se passe chez les mêmes animaux placés dans d'autres conditions. Bien d'autres questions relatives à ce sujet se présenteront dans la suite, à mesure que nous avancerons dans l'examen de chaque cause capable d'influer sur l'économie animale et dans l'étude de la combinaison de ces causes.

CHAPITRE III.

De l'Influence de l'Air contenu dans l'eau.

Dans le chapitre précédent, j'ai commencé d'examiner les causes qui pouvaient faire varier les phénomènes de l'asphyxie.

En me bornant à la seule influence de la température, j'ai constaté que, suivant le degré, elle faisait considérablement varier la durée de la vie des animaux que j'ai soumis à mes expériences. Il en résulte que les batraciens, plongés dans l'eau, y vivent d'autant plus long-temps qu'elle est plus froide, et que la température de l'atmosphère, pendant un certain temps avant l'expérience, a été plus basse. Ces faits me conduisent naturellement à examiner quelle est la limite de cette influence, à rechercher la plus grande durée de la vie de ces animaux privés de l'air extérieur par la submersion dans l'eau, lorsque toutes les circonstances favorables dépendantes de la température concourent à prolonger la vie.

Les grenouilles passent-elles l'hiver sous l'eau, sans venir respirer à la surface pendant tout le cours de cette saison? Ou peut-on croire qu'elles y vivent ainsi un temps plus considérable encore,

c'est-à-dire, depuis leur retraite en automne jusqu'à leur retour au printemps ?

Spallanzani n'était pas de cet avis : d'après les renseignemens que lui donnèrent les pêcheurs de grenouilles des environs de Pavie, il rapporte qu'elles quittent, en octobre, les eaux des rivières de ce pays, pour se retirer dans du sable humide où elles se ménagent une ouverture que les pêcheurs appellent *il respiro della rana* (le soupirail de la grenouille). Les pêcheurs lui portèrent de ce sable, qu'il eut soin d'humecter, et il vit les grenouilles qu'il y posa se comporter comme les pêcheurs le lui avaient appris.

Cependant des naturalistes français rapportent que les grenouilles font leur retraite dans l'eau pendant la saison froide, depuis le mois d'octobre jusqu'au printemps. Le témoignage d'un de ces savans décide la question, relativement à la France. M. Bosc, qui a observé avec un soin particulier les mœurs des batraciens, a souvent trouvé des grenouilles séjournant sous l'eau pendant l'hiver. Il en a pêché, dans cette saison, un nombre considérable. Mais comment vivent-elles sous l'eau? Restent-elles toujours au fond? Ne viennent-elles pas de temps en temps respirer l'air à sa surface ? Comment l'observation la plus attentive pourrait-elle constater le contraire? Quand même on resterait sur les bords, les yeux fixés sur l'eau, comment s'assurer que ces animaux n'échappent pas à nos regards, en venant humer l'air

à la surface? Et en admettant qu'ils ne sauraient se soustraire à notre vue, il faudrait pouvoir passer à les observer tout le temps que ces animaux peuvent se dispenser de respirer. Or, on a vu, par les expériences précédentes, qu'en hiver, elles ont vécu sous l'eau l'espace de deux jours et demi. L'observation directe ne saurait donc apporter la preuve que les grenouilles passent l'hiver sous l'eau sans respirer.

On pourrait alléguer en faveur de cette opinion, qu'on en a trouvé de vivantes sous la glace; mais ces faits, qu'on a sans doute souvent observés, ne sont pas assez circonstanciés pour servir de preuves. Il aurait fallu constater le nombre de jours depuis la formation de la glace, et s'assurer qu'il n'y eût point d'ouverture. M. Bosc m'a appris qu'il a vu, en hiver, des grenouilles sortir de l'eau plusieurs jours de suite, à une heure déterminée, et aller respirer à terre pendant un court espace de temps.

Dans les expériences nombreuses que j'ai faites, pendant les hivers de 1816 et 1817, sur l'asphyxie des grenouilles dans une quantité déterminée d'eau aérée, elles n'y ont jamais vécu plus de deux jours et demi, dans les températures les plus propres à prolonger leur existence pendant leur submersion.

Spallanzani, dans une expérience, a vu qu'une grenouille vécut huit jours sous l'eau à une température qui varia d'un demi-degré à 1° au-dessus de 0°, et il ajoute qu'à une température plus élevée

elle serait infailliblement morte dans l'espace d'un jour; mais la température, pendant la longue saison de la retraite des grenouilles, varie beaucoup. On ne saurait donc conclure, d'après les faits connus, que les grenouilles passent l'automne et l'hiver sous l'eau, sans venir, de temps en temps, respirer à la surface.

Supposerait-on qu'elles peuvent avoir cette faculté, parce qu'elles seraient engourdies pendant leur hivernation? Mais l'engourdissement ne dispense pas les animaux de la nécessité de respirer. D'ailleurs, comme M. Bosc le remarque, les grenouilles ne passent pas l'hiver dans un état d'engourdissement, si, par ce mot, on entend l'absence du sentiment et du mouvement volontaire. Elles sont moins actives pendant le froid; mais elles se meuvent à la température de zéro. Dans les expériences que j'ai faites sur l'influence de la température dans l'asphyxie, j'ai eu occasion de reconnaître la justesse de cette observation. J s-qu'ici nous ne nous sommes pas occupé de l'action de l'air contenu dans l'eau; l'étude de ce sujet nous conduirait peut-être à connaître une nouvelle condition qui influerait sur la durée de la vie des grenouilles sous l'eau, et à trouver la solution de la question que nous examinons.

Des expériences seules pourraient nous éclairer, et je n'en connais qu'une faite à ce sujet. Spallanzani mit une grenouille dans de l'eau privée d'air par l'ébullition, et une autre dans une égale quan-

tité d'eau aérée. La grenouille qu'il avait plongée dans de l'eau non aérée donna, au bout de dix heures, des signes d'une mort prochaine, et celle qui se trouvait dans de l'eau aérée ne fut dans cet état qu'au bout de vingt heures. Mais cette expérience, la seule que ce savant ait faite à cet égard, ne peut rien décider.

La seule différence dans les forces des individus suffit, dans certaines saisons, pour en produire une aussi grande dans la durée de leur vie, lorsque toutes les circonstances extérieures sont les mêmes.

L'influence que l'air renfermé dans l'eau exerce sur la vie des poissons a été examinée avec le plus grand soin par Spallanzani, par M. Sylvestre et MM. de Humboldt et Provençal. Les travaux de tous ces savans ont fait connaître des faits du plus grand intérêt pour l'histoire des poissons; mais on n'en peut appliquer les résultats à des animaux d'une autre classe. Les poissons ont des ouïes ou branchies; appareil propre à recevoir l'action de l'air renfermé dans l'eau où ces animaux sont confinés. Les grenouilles adultes, ainsi que les crapauds et les salamandres, ne sont pourvus que de poumons, organes destinés à respirer uniquement l'air de l'atmosphère, soit que ces animaux habitent les eaux, soit qu'ils séjournent sur la terre; cette faculté d'habiter ces deux élémens ne les rend pas amphibies, dans le sens que quelques naturalistes attachent à ce mot. Dans cette acception, un amphibie doit jouir de la double faculté de

respirer l'air de l'atmosphère et de vivre aux dépens de l'air contenu dans l'eau; mais on ne reconnaît ces deux moyens d'existence dans aucun des reptiles adultes, excepté le protée et la sirène; et M. Cuvier a fait voir que l'axolotl a toute la structure d'une larve de salamandre. Si les têtards et ces animaux singuliers, qu'on a joints à la famille des batraciens, ont le privilége de respirer l'air de l'atmosphère et celui de l'eau, ils sont aussi pourvus d'un double appareil de branchies et de poumons, qui caractérise cette double faculté. Rien ne peut donc faire présumer que les batraciens adultes, qui ne sont pas munis de ces deux genres d'organes, jouissent de l'avantage qui résulterait de leur présence. La question de savoir quelle influence exerce sur ces animaux l'air contenu dans l'eau est donc une question nouvelle qui pourrait présenter un grand intérêt, et que j'ai cherché à resoudre par l'expérience. Au moyen de l'ébullition, j'ai privé l'eau de l'air qu'elle contenait. On sait, d'après les expériences de MM. de Humboldt et Provençal, qu'il en existe quelques atômes dans l'eau qu'on a fait bouillir dans des vaisseaux ouverts; mais cette quantité, à peine appréciable, pouvait être négligée dans ces expériences, comme on le verra tout-à-l'heure.

§ I. *Des Quantités limitées d'eau.*

Je me suis servi de verres de la capacité de 0,2^lit. que je remplis d'eau bouillie et refroidie à la température de l'atmosphère; je les renversai sur des soucoupes contenant environ 0,02^cent. de la même eau. Je remplis un égal nombre de verres d'eau aérée à la même température, et renversés dans de semblables soucoupes; j'avais préalablement introduit une grenouille dans chaque verre. Je les mis concurremment en expérience, et je notai la durée de leur existence dans ces deux conditions différentes.

Les grenouilles plongées dans l'eau aérée ont, en général, vécu plus long-temps que celles qui étaient mises dans l'eau non aérée; mais dans ces expériences, que j'ai souvent répétées, les différences n'étaient ni assez tranchées ni assez constantes pour que ce résultat fût décisif. Il suit seulement de cette série d'expériences que la petite quantité d'eau dont je me suis servi ne renfermait pas assez d'air pour produire des différences marquées et constantes. A plus forte raison, les particules d'air qui restent dans l'eau après l'ébullition, dans les vaisseaux ouverts, ne sauraient avoir d'influence sensible sur la vie des grenouilles qu'on submerge dans ce liquide, quoique MM. de Humboldt et Provençal aient observé qu'elles en avaient une très-marquée sur les poissons : c'est pourquoi je

n'ai pas eu recours au procédé qu'ils ont employé pour purger entièrement l'eau des dernières particules qui y restent lorsqu'on suit la méthode ordinaire.

Si les expériences précédentes n'ont pas donné, dans plusieurs cas, des différences assez tranchées ni assez constantes, elles devaient au moins me porter à faire d'autres essais dans lesquels la quantité d'eau aérée serait plus considérable, afin d'augmenter la quantité d'air.

Le 10 novembre, l'air étant à 11° et l'eau à 13°, je remplis d'eau aérée six verres semblables aux précédens, et je les renversai sur la tablette d'une cuve à eau, au-dessus des ouvertures qui s'y trouvent. La cuve contenait cinquante-six litres d'eau de Seine. J'avais mis une grenouille dans chaque verre; j'en plaçai autant dans des verres semblables, contenant de l'eau bouillie et refroidie à la température de celle de la cuve; les verres étaient placés sur des soucoupes.

Les grenouilles qui étaient dans l'eau privée d'air vécurent de 3^h. 40′ à 5^h. 30′; celles qui se trouvaient dans l'eau aérée, de 6^h 43′ à 10^h 40′ : ainsi les grenouilles dans l'eau aérée vécurent deux fois plus long-temps que celles qui étaient dans l'eau privée d'air.

Comme dans ces douze expériences, chacun de ces animaux, dans l'eau aérée, vécut plus long-temps que tous ceux qui étaient dans l'eau privée d'air, je crois pouvoir regarder ces différences

comme assez considérables et assez constantes pour conclure que l'eau aérée, comparée à l'eau privée d'air, prolonge la vie des grenouilles qu'on y submerge ; mais il ne s'ensuit nullement qu'elles puissent y prolonger leur existence d'une manière indéfinie.

§ II. *Eau stagnante renouvelée par intervalles.*

Quoiqu'il ne parût nullement probable que les grenouilles, dépourvues d'organes spéciaux pour agir sur l'air contenu dans l'eau, fussent en état d'y vivre comme les poissons ; et que Spallanzani eut inutilement tenté des expériences à cet égard, je crus devoir ne rien négliger pour déterminer l'influence de l'eau aérée sur l'existence des grenouilles dans ce liquide. Dans cette vue, je fis l'expérience suivante :

Le 4 décembre, la température de l'air de l'appartement étant à 6°, je me servis d'un vase cylindrique de verre de la capacité de dix litres ; je le remplis d'eau d'Arcueil ; j'y mis un mâle de la grenouille rousse (*rana temporaria*, Linn.) ; je plaçai dans le vase un diaphragme de fil-de-fer pour empêcher l'animal de venir respirer à la surface. Je laissai l'appareil en cet état jusqu'au lendemain, où je trouvai la grenouille vivante ; comme je devais m'y attendre, d'après toutes mes expériences précédentes. Je soutirai l'eau au moyen d'un siphon qui passait à travers une des mailles du diaphragme,

et j'en laissai un peu pour que l'animal fût toujours submergé. Je remplis de suite le vase d'autre eau, et je continuai à la renouveler ainsi les jours suivans. Non-seulement la vie de la grenouille sous l'eau se prolongea plus long-temps que dans aucune de mes expériences précédentes, et au-delà du terme de huit jours, obtenu par Spallanzani dans une expérience où la température était à 1° ou 0,5° au-dessus de 0°; mais elle vécut tout le mois de décembre, tout celui de janvier, et même jusqu'au 25 février; ce qui fait une durée de plus de deux mois et demi.

Lorsqu'elle y mourut on avait oublié de changer l'eau, qui avait été, jusque là, renouvelée tous les jours. La température, pendant cet espace de temps, avait varié entre 0° et 11°; l'eau était à cette dernière température lorsque l'animal périt. Dans ce long intervalle jamais la grenouille n'a paru privée de l'usage de ses sens et de la locomotion, pas même lorsque l'eau était à zéro : nouvelle preuve que les grenouilles, comme je l'ai déjà observé, ne sont pas engourdies sous l'eau, même à la température de la glace.

Voici donc une expérience décisive qui établit qu'une grenouille peut vivre plusieurs mois sous l'eau sans jamais venir respirer à la surface, pourvu que ce liquide soit en quantité suffisante et convenablement renouvelé. Elle y vit aux dépens de l'air qui s'y trouve dissous; car si l'on néglige de renouveler l'eau, ou si l'on emploie de l'eau pri-

vée d'air, elle ne tarde pas à y périr. Un des résultats les plus remarquables de cette expérience, est que les grenouilles sont des animaux véritablement amphibies, puisqu'elles ont la faculté de vivre sur la terre, en respirant l'air de l'atmosphère, et de vivre sous l'eau aux dépens de l'air que contient ce liquide, sans avoir un besoin indispensable d'y suppléer en s'élevant à la surface pour puiser dans l'air extérieur.

Les têtards, qui sont pourvus de branchies et de poumons, me paraissaient devoir vivre sous l'eau aérée sans venir respirer à la surface : j'ai cependant voulu m'en assurer par une expérience directe. Je me suis donc servi du même appareil que dans l'expérience où j'ai constaté que les grenouilles pouvaient vivre plusieurs mois sous l'eau, et j'ai obtenu le même résultat avec les têtards.

Quoique ces animaux aient la double faculté de vivre aux dépens de l'air de l'atmosphère et de celui de l'eau, ils ne peuvent cependant habiter la terre avant l'entier développement de leurs membres ; mais les grenouilles jouissent également de la faculté de respirer dans l'air et dans l'eau, quoiqu'elles soient dépourvues du double appareil de poumons et de branchies ; et elles peuvent également habiter la terre et l'eau.

§ III. *Action de l'eau aérée sur la peau.*

Examinons maintenant quel est l'organe qui est en rapport avec l'air contenu dans l'eau lorsque ces animaux y séjournent. J'observerai d'abord qu'il serait possible que les grenouilles, vivant sous l'eau, fissent entrer ce liquide dans leurs poumons, et que ces organes remplissent alors les fonctions de branchies en agissant sur l'air de l'eau : c'est ce qu'on pourrait vérifier en les observant lorsqu'elles sont sous l'eau, dans un vase transparent. On sait que le mécanisme de leur respiration est différent du nôtre. Elles avalent l'air de l'atmosphère et le font entrer dans leurs poumons, de manière que leurs inspirations se reconnaissent à des mouvemens de déglutition. Les mouvemens de la gorge sont manifestes, et ne peuvent échapper à l'observation. C'est pourquoi je me suis particulièrement attaché à remarquer ce qui se passe, chez ces animaux plongés sous l'eau. Si l'on observe une grenouille à l'air, et que l'on compte les mouvemens de sa gorge, on voit qu'elle fait environ de quarante à cent inspirations dans une minute. Si on la plonge sous l'eau, elle cesse à l'instant tout mouvement de déglutition, et quel que soit le temps qu'elle y reste submergée, il est rare qu'on observe des mouvemens respiratoires. Pendant les deux mois et demi qu'a duré l'expérience où j'ai fait vivre une grenouille sous

l'eau, je n'ai jamais vu aucun mouvement de déglutition; et en supposant qu'elle ait respiré quelquefois dans les momens où je ne l'observais pas, quelle influence a pu avoir sur la vie quelques inspirations rares dans un si long espace de temps, lorsque l'on considère qu'à l'air cet animal respire si fréquemment? Une expérience de M. de Humboldt est analogue à celle que je viens de rapporter, et en confirme le résultat. Ayant compté le nombre d'inspirations d'une grenouille dans une quantité déterminée d'air atmosphérique, il y introduisit une mesure d'azote, et vit aussitôt le nombre d'inspirations diminuer. Il augmenta successivement le nombre des mesures d'azote, et vit aussi le nombre des inspirations diminuer graduellement; mais ni l'azote, ni l'hydrogène, ni l'acide carbonique n'agissent aussi puissamment que l'eau pour arrêter les inspirations. J'ai souvent observé des mouvemens de déglutition chez les grenouilles plongées dans ces gaz. Spallanzani l'avait déjà remarqué; mais dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur l'asphyxie des grenouilles dans l'eau aérée, il ne m'est arrivé que dans un très-petit nombre de cas de voir quelques mouvemens de déglutition, et Spallanzani n'a jamais eu l'occasion d'en observer.

Ces expériences pourraient être regardées comme suffisantes pour constater que ce n'est pas au moyen des poumons que ces animaux reçoivent l'influence de l'air; mais ce fait me parut trop im-

portant pour ne pas le soumettre à un examen plus approfondi. Si les grenouilles prolongent leur existence sous l'eau aérée en inspirant ce liquide, il faudrait au moins en trouver dans leurs poumons. Après en avoir laissé long-temps dans l'eau, je les ai retirées; en usant de beaucoup de précautions, j'ai mis les poumons à découvert, et je n'y ai pas trouvé d'eau. Cette expérience, que j'ai fréquemment répétée, m'a toujours donné le même résultat. Spallanzani, qui a ouvert un grand nombre de grenouilles après les avoir asphyxiées dans l'eau, n'a jamais trouvé d'eau dans leurs poumons.

Les grenouilles font un mouvement d'expiration en resserrant leurs flancs : or, si un petit nombre d'expirations suffisait pour vider leurs poumons, on pourrait supposer que lorsqu'on retire de l'eau une grenouille pour examiner ses poumons, elle aura eu le temps de les vider avant qu'on ait pu les mettre à nu; mais les observations suivantes prouvent le contraire. D'abord, lorsqu'on met une grenouille dans un vase d'eau renversé sur une cuve, on ne tarde pas à voir quelques bulles d'air s'échapper de sa poitrine. Ces bulles se dégagent à différens intervalles, et il faut souvent plusieurs heures pour qu'on ne trouve plus d'air dans les poumons. En second lieu, lorsqu'on tient une grenouille dans l'air, et qu'on lui ouvre les flancs avec précaution, pour ne pas léser les poumons, on y trouve toujours de l'air. Or, la douleur qu'elles

éprouvent alors, et les mouvemens qu'elles font, ne suffisent pas pour expulser l'air dans cet espace de temps. Ainsi, l'air contenu dans l'eau n'agit point sur les poumons des grenouilles qui y séjournent. On ne peut donc rapporter son action qu'à la peau; car c'est le seul organe en contact avec ce liquide.

Mais comment l'eau aérée agit-elle, en ce cas, sur la peau? Est-ce comme sur les branchies des poissons? C'est ce que j'examinerai dans une autre occasion. Tout ce qui concerne les altérations que les organes font subir à l'air est étranger à ce travail.

Je dois donc me borner ici au fait que je viens de constater, que les grenouilles peuvent vivre plusieurs mois sous l'eau aux dépens de l'air qui s'y trouve, et que la peau est l'organe qui reçoit l'influence de ce fluide. J'ajouterai seulement que pendant qu'elles vivent sous l'eau aérée, journellement renouvelée, on peut voir que les vaisseaux des membranes placées entre les doigts contiennent un sang vermeil.

§ IV. *Eau courante.*

Dans l'expérience précédente, l'eau était en repos autour de la grenouille; mais vivrait-elle submergée dans l'eau courante? Cette question semblerait peut-être oiseuse, si Spallanzani n'avait pas conclu de ses expériences qu'elles mouraient

plutôt dans l'eau courante que dans l'eau stagnante des vases de son laboratoire.

J'ai cherché à décider cette question de la manière suivante : le 6 novembre, je mis une grenouille dans un filet, auquel j'avais suspendu un poids; je le jetai au fond de la Seine, dans un endroit où il y avait dix pieds d'eau ; je l'attachai ensuite à un bateau immobile. Le 11 du même mois, je retirai le filet, et je trouvai la grenouille vivante et en très-bon état. Je la remis de suite dans l'eau, et, l'ayant retirée le 17, je la trouvai également vivace.

Mais à la même époque, des grenouilles plongées sous des verres contenant deux décilitres d'eau aérée, et non renouvelée, ne vivaient que quelques heures.

Je pensais que les salamandres aquatiques étaient douées, ainsi que les grenouilles, de la faculté de vivre sous l'eau aux dépens de l'air de ce liquide : pour m'en assurer, je mis, le 6 décembre, une salamandre crêtée dans dix litres d'eau d'Arcueil, en la tenant sous la surface au moyen d'un diaphragme de fil de fer, et en renouvelant l'eau tous les jours : elle y vécut jusqu'au mois de février. Je fis une expérience semblable sur la salamandre abdominale de M. Latreille : elle vécut ainsi plus de six semaines, et périt en même temps que la grenouille, l'eau n'ayant pas été renouvelée. Je remarquai, à l'égard de ces deux espèces de salamandres, que ni l'une ni l'autre ne s'est engourdie dans l'eau à la température de zéro.

Si les salamandres aquatiques et les grenouilles ont la propriété de vivre sous l'eau aérée et en quantité suffisante, on ne peut rien en conclure, par analogie, en faveur du crapaud brun, qui est une espèce terrestre.

Le 6 novembre 1817, j'enfermai un crapaud dans un filet, auquel je suspendis un poids; je le coulai dans la Seine et l'attachai à un bateau immobile. Le crapaud vécut sous l'eau depuis cette époque jusqu'au 17; ce qui fait un espace de onze jours. Lorsqu'un mois après je retirai le filet, je m'aperçus que l'animal s'était échappé. Il est à remarquer qu'à la même époque, les crapauds que je mettais dans deux décilitres d'eau aérée n'y vivaient que quelques heures.

L'expérience que je viens de rapporter suffit donc pour prouver que le crapaud commun jouit aussi de la faculté de vivre sous l'eau aux dépens de l'air qu'elle renferme.

§ V. *Limites de ce genre de vie.*

Après avoir déterminé que cette faculté appartient aux trois genres de batraciens que j'ai soumis à mes expériences, il importait de rechercher les conditions qui pouvaient influer sur ce genre de vie.

C'est pourquoi il était nécessaire d'examiner si ces animaux jouiraient du même avantage dans d'autres saisons, et quelle serait l'influence de la température.

nouvelle l'eau tous les jours, et qu'elle se trouve entre 0° et 10° centigrades ; mais lorsqu'elle est à ce degré, ces animaux ont de la peine à exister, et périssent bientôt si la température arrive à 12° ou 14°.

Ces effets de la température sont bien remarquables, et sont plus frappans que ceux que nous avons exposés dans le chapitre précédent, dont ils confirment les résultats.

Dans les expériences que je viens de rapporter, les animaux étaient tenus dans des vases dont on renouvelait l'eau toutes les vingt-quatre heures.

Mais éprouveraient-ils le même effet délétère de cette faible élévation de température, s'ils étaient tenus sous l'eau des étangs et des rivières ? Lorsqu'ils y vivent en liberté, rien ne les empêche de venir à la surface quand l'eau est à cette température.

Cependant si ces animaux y étaient retenus de manière à ce qu'ils ne pussent monter à la surface pour respirer, succomberaient-ils à la même température qui leur est si fatale dans les vases où je les ai soumis à l'expérience ? On pourrait d'abord croire que les circonstances sont les mêmes, parce que les quantités d'eau, dans l'un et l'autre cas, sont indéfinies, puisqu'on la renouvelle dans ces vases ; mais le renouvellement de ce liquide une seule fois par jour, pourrait ne pas suffire aux besoins de l'animal, tandis que, dans une rivière, l'eau se renouvelle constamment. Comme cette

différence dans les conditions pouvait en apporter dans les résultats, je voulus m'en assurer par l'expérience suivante.

Le 12 avril, je mis sept grenouilles et deux crapauds dans un panier d'osier, qui fut assujetti sous l'eau de la Seine ; la température de la rivière, prise à la surface, était de 12° : à ce terme, les grenouilles ne vivaient plus dans cinquante-six litres d'eau renouvelée une fois toutes les vingt-quatre heures.

Le 20 du même mois, je les retirai, et sur les sept, quatre étaient mortes : les deux crapauds vivaient encore. La température s'était soutenue à 12°. Il y avait donc une différence marquée entre ce qui se passait dans les vases et ce qui avait lieu dans la rivière. L'eau courante à 12° était beaucoup plus favorable à la vie des grenouilles. Devait-on l'attribuer à une différence de température à la surface et au fond? Pour m'en éclaircir, je remplis d'eau une bouteille que je bouchai, et que je coulai à l'endroit où se trouvait le panier, à la profondeur de cinq pieds et demi. Je la retirai vingt-quatre heures après; je trouvai la température de l'eau qu'elle renfermait exactement la même que celle de la surface. La même expérience, répétée plusieurs fois dans ce mois, me donna le même résultat.

Des deux crapauds, l'un fut trouvé mort le 5 mai, l'eau étant à 16°, et l'autre le 19 du même mois, l'eau étant à 17°. Le 13 juin il restait encore

une grenouille vivante sur les sept qui avaient été mises dans la rivière le 12 avril. Dans cet intervalle de plus de deux mois, la température a varié de 12° jusqu'à 22°. Dans les premiers huit jours plus de la moitié des grenouilles mourut entre 12° et 14° ; une seule a résisté à une température de 22°.

En comparant les expériences faites dans les vases avec celles qui ont eu lieu dans la rivière, on voit que cette dernière condition a été, en général, plus favorable à la vie des batraciens. Cependant, dans ces deux cas, on a employé la même eau; elle était aussi à la même température. La seule différence appréciable est celle du renouvellement continuel de l'eau par le courant de la rivière.

§ VI. *Action combinée de l'eau, de l'air et de la température.*

Dans la vie des grenouilles sous l'eau, il y a donc au moins trois conditions qui influent puissamment sur leur existence : la présence de l'air dans l'eau, la quantité ou le renouvellement de ce liquide et sa température.

Le rapport de ces trois causes mérite une considération particulière. Nous avons examiné la première avec une grande attention, et nous avons constaté que l'air contenu dans l'eau pouvait entretenir la vie des batraciens plongés dans ce liquide. Mais comment la température influe-t-elle

en ce cas? Puisque l'air est la première des conditions pour prolonger l'existence de ces animaux sous l'eau, on pourrait croire que l'élévation de température agit en diminuant la quantité de ce fluide.

Mais la température qui est fatale aux grenouilles séjournant sous l'eau aérée et souvent renouvelée, ne change point d'une manière marquée les proportions de l'air contenu dans ce liquide. M. de Humboldt, dans le travail qu'il a fait avec M. Provençal sur la respiration des poissons, a constaté que l'eau de la Seine contenait sensiblement la même quantité d'air dans les diverses analyses qu'il en a faites, du mois de septembre au mois de février. Or, la température de la Seine, dans cet espace de temps, varie au moins de 0° à 16 ou 17°, température supérieure à celle où j'ai trouvé que le plus grand nombre de grenouilles périssait dans la Seine lorsqu'elles y étaient submergées.

Puisque la quantité d'air reste la même, et qu'il n'y a que le degré de la température qui varie, c'est à cette cause qu'il faut attribuer les résultats différens.

Les expériences rapportées dans le dernier chapitre s'accordent parfaitement avec celles que je viens d'exposer. J'ai prouvé précédemment que lorsqu'on submerge des grenouilles dans deux décilitres d'eau aérée, la durée de leur vie y est d'autant moindre, que la température s'élève da-

vantage de 0° à 42°, terme où elles meurent presque subitement; et que, dans toute l'étendue de cette échelle, un petit nombre de degrés suffisait pour produire une grande différence dans la durée de la vie de ces animaux. La température ascendante, à partir de 0°, tend donc à abréger la vie des grenouilles sous l'eau.

Je viens de faire voir que l'air renfermé dans l'eau a une influence contraire, qu'il tend à prolonger la vie des batraciens séjournant sous ce liquide, et que la durée de la vie de ces animaux augmente avec les quantités d'eau aérée. Lorsqu'ils se trouvent dans dix litres d'eau aérée qu'on renouvelle une fois par jour, et que la température est comprise entre 0° et 10°, la chaleur n'est pas assez élevée pour balancer l'effet vivifiant de l'air; mais lorsqu'elle est arrivée à 10° et 12°, l'influence délétère de l'élévation de température l'emporte sur l'action vivifiante de l'air contenu dans l'eau, et les animaux y meurent, à moins qu'on n'augmente la quantité d'air. Or, on peut augmenter la quantité d'air en fournissant dans le même temps une plus grande quantité d'eau aérée : c'est pourquoi une partie des grenouilles qu'on met dans une eau courante résiste à la température qui leur serait fatale dans les vases dont l'eau n'est renouvelée qu'une fois par jour; mais l'influence du renouvellement de l'eau est très-bornée au-delà de certaines limites; car ce liquide, comme on sait, ne contient qu'une petite

partie de son volume d'air, et M. de Humboldt a déterminé que l'eau de la Seine n'en contient que $\frac{1}{35}$. Or, l'air étant en si petite quantité dans ce liquide, quoiqu'il soit constamment renouvelé, il n'a plus qu'une influence très-limitée pour balancer l'effet de l'élévation de température.

Il n'est qu'un moyen pour que ces animaux y résistent, c'est de venir à la surface respirer l'air de l'atmosphère, sans quoi la plupart des grenouilles plongées sous une eau courante succomberaient à une aussi faible température que celle de 12° ou 14°. Ces expériences présentent des rapports importans entre les quantités d'air et les degrés de température. On voit qu'ils ont une influence inverse, et qu'on peut, dans de certaines limites, balancer les effets de l'une de ces causes au moyen de l'autre.

La petite quantité d'air contenu dans l'eau au-dessous de 10°, qui suffit pour entretenir la vie des batraciens plongés sous ce liquide, produit un changement extraordinaire dans leur manière d'être. On connaît l'extrême agilité des grenouilles, et combien elles sont différentes, à cet égard, des crapauds; mais leur séjour sous l'eau aérée fait disparaître cette différence. Il fait plus encore; elles deviennent si lentes dans leurs mouvemens, qu'elles le sont plus que les tortues; le moindre bruit qui, dans leur état de liberté, leur causait des terreurs paniques, ne leur fait plus d'impression. La lumière qui les appelle si facile-

ment à la surface, dans d'autres occasions, ne le
fait plus monter, lorsque la température de l'ea
est assez basse. Elles ont cependant, à ce degré
l'usage de leurs sens et de leurs mouvemens; mai
dans l'air, à la même température, elles ont un
grande mobilité. Ainsi donc l'habitation sous l'eau
qui les soustrait à l'action de l'atmosphère, chang
tellement les mœurs de ces animaux, qu'ils sembleraient appartenir à une autre espèce, si leu
forme ne rappelait celle dont ils font partie.

CHAPITRE IV.

De l'Action vivifiante de l'Atmosphère.

§ I. *Influence de la respiration cutanée.*

On sait généralement que l'atmosphère en contact avec les poumons contribue puissamment à l'entretien de la vie; mais on connaît peu son action sur la peau.

Afin d'apprécier la part de l'atmosphère dans l'entretien de la vie, en agissant sur cet organe, il est nécessaire de supprimer les fonctions des poumons. La suspension de leur action étant par elle-même une grande entrave au jeu des autres organes, il importe de ne pas ajouter à cet obstacle par la manière d'arrêter la respiration. Il s'agit d'exclure l'air des poumons, en faisant le moins de violence possible au corps. On y réussirait si l'on pouvait intercepter l'air en recouvrant ou en bouchant l'entrée de l'organe pulmonaire. Cette entrée est si petite qu'elle ne consiste que dans deux points, qui sont les narines; car jamais ces animaux n'ouvrent la bouche pour respirer; mais de quelque façon que je m'y sois pris, je n'ai pu parvenir à fermer ces ouvertures.

Comme la bouche de ces animaux, lorsqu'ils

respirent, est nécessairement fermée, pour faire entrer l'air dans les poumons par un mouvement de déglutition, on a imaginé d'arrêter ce mode d'inspiration en leur tenant la bouche ouverte.

On a fait, en Allemagne, des recherches à cet égard; MM. Cuvier et Duméril ont vérifié que c'était un moyen d'entraver la respiration de ces animaux. J'ai cherché à déterminer s'il pouvait m'être utile pour le but que je m'étais proposé.

Je plaçai dans la bouche d'une grenouille un petit bâton en travers, qui dépassait un peu de chaque côté; il fut assujetti par un fil à ses deux extrémités, puis sous l'aisselle des membres antérieurs : la bouche restait ainsi ouverte. Je fis cette expérience sur six grenouilles, qui furent placées sous un verre, dans une soucoupe; les bords du verre étaient légèrement soulevés pour permettre à l'air de se renouveler, et l'on eut soin d'entretenir un peu d'eau dans la soucoupe, pour fournir à l'animal l'humidité nécessaire. La température était alors de 24°. Dans cet état, cinq moururent le lendemain ; la sixième vécut sept jours.

L'état de gêne que peut causer un bâillon en tenant la bouche ouverte, la légère compression du bras exercée par le lien ne peuvent, en aucune façon, expliquer la prompte mort qui est résultée de l'expérience. Il est évident que la respiration était entravée; mais elle n'était pas entièrement suspendue : seulement elle était assez embarrassée

pour qu'elle ne pût entretenir long-temps la vie dans les conditions où j'avais placé ces animaux. Les mouvemens de déglutition, quoique plus rares, avaient cependant lieu; les flancs se contractaient par intervalles, et ces signes reconnus du mouvement respiratoire suffisent pour que je n'insiste pas sur ce mode d'expériences, qui, très-propre à nous éclairer sur l'influence de la déglutition dans l'inspiration, ne concourt pas directement à l'objet de mes recherches; car il importe qu'il n'y ait aucun doute sur la parfaite exclusion de l'air. Quand même tout le jeu des organes de la respiration serait arrêté, rien ne prouve que l'air extérieur ne puisse entrer dans les poumons, et quelque lentement que l'air s'y renouvelle, le mouvement imperceptible qui a toujours lieu dans l'atmosphère la plus calme pourrait contribuer à l'entretien de la vie.

Une ligature passée derrière la tête peut être assez fortement serrée pour effacer les voies aériennes, et intercepter complètement le passage de l'air. Il vaut mieux recourir à ce moyen sûr, quoique violent, que de se servir de procédés plus doux, mais incertains.

J'employai donc de préférence ce moyen. J'en ai rapporté un résultat dans le premier chapitre; mais cette expérience avait été faite dans un autre but, et elle ne suffit pas pour donner sur ce sujet toutes les connaissances nécessaires.

J'appliquai donc la ligature à six grenouilles, et

je mis un soin particulier à exercer la plus exacte compression, et à nouer à plusieurs reprises la ligature si fortement qu'il n'y eût aucun accès à l'air extérieur, soit dans le moment, soit pendant la durée de l'expérience. La température était alors de 12° dans l'appartement, et de 6° au dehors. Je plaçai ces animaux sur du sable mouillé, pour obvier au défaut d'humidité. Ils vécurent un temps considérable, qui, pour l'un d'eux, s'étendit à vingt jours.

Ces animaux auraient péri dans l'espace d'un à trois jours en les plaçant dans 0$^{lit.}$,2 d'eau, ainsi que je m'en suis assuré à la même époque, cette année et les années précédentes. Il faut donc que l'influence de l'atmosphère sur la peau soit bien grande pour contre-balancer pendant si long-temps les effets de la strangulation.

Qu'on ne s'étonne pas qu'ils aient vécu beaucoup plus long-temps en cette circonstance, où la respiration était entièrement suspendue, que dans le cas où, la bouche étant ouverte, la respiration n'était que gênée. J'ai placé ces animaux dans des conditions de température différente dont on a déjà vu l'influence relativement à l'eau. Cette modification, dépendant de cette cause, n'est pas de mon sujet; je me contente de l'indiquer pour ne pas entraver la marche que je me suis proposée.

Quelle que soit la vitalité de ces animaux, l'opération violente sous laquelle ils languissent ne peut manquer d'abréger leurs jours, et, par consé-

quent, de mettre des bornes aux heureux effets que l'atmosphère exerce sur la peau. C'est cette influence dont il importe de déterminer l'étendue. Et je m'empresse d'arriver à d'autres méthodes propres à nous en donner une mesure plus exacte.

On doit s'attendre à l'obtenir d'une opération qui intéresse des parties moins sensibles, et qui nuise moins aux autres fonctions.

Il ne s'agit cependant de rien moins que d'enlever les poumons, et de faire vivre ainsi ces animaux, privés de cet organe, sous l'influence de l'atmosphère.

Quelque funeste que puisse paraître cette mutilation, elle remplit les conditions que je viens d'indiquer. On enlève un organe dans lequel on ne voit qu'une poche membraneuse, d'une extrême finesse, dans laquelle se ramifient des vaisseaux sanguins. Une ligature placée à leur origine empêche la section de causer une effusion de sang; une incision de deux à trois lignes dans les flancs permet d'enlever les poumons, et une suture ferme ces petites ouvertures. L'effet immédiat de cette opération justifie ce que j'ai avancé.

Je la pratiquai au milieu de décembre 1818, sur trois grenouilles de moyenne grosseur : elles ne parurent pas souffrir beaucoup, et présentèrent, après l'opération, la même agilité que celles qui étaient intactes. Je les plaçai sur du sable humide. La température de l'appartement était de 7°, et elle s'éleva jusqu'à 12° le 17 janvier 1819. Deux

moururent à cette époque, et la troisième le 24 du même mois. Ainsi, de ces trois grenouilles privées de poumons, et qui n'avaient d'autre rapport avec l'atmosphère que par la peau, deux ont vécu trente-trois jours, et la dernière quarante.

Spallanzani avait extirpé les poumons des grenouilles, mais dans une autre intention, et sans prendre les précautions nécessaires pour arrêter l'effusion du sang et empêcher l'entrée de l'air dans la cavité de la poitrine : aussi est-il loin d'avoir prolongé leur existence jusqu'au terme où ces animaux sont parvenus dans les expériences que je viens de rapporter. Or, c'est uniquement la durée de la vie, entretenue par l'action de l'atmosphère sur la peau, qui est l'objet de ces recherches.

Si, dans cette vue, je devais donner la préférence aux procédés les moins nuisibles à l'animal pour ne pas entraver les autres fonctions, on conçoit que je n'ai pu avoir recours à la décapitation. D'ailleurs, quelque curieux que soient les phénomènes qui en résultent, ils n'appartiennent pas à mon sujet.

Par la décapitation, la trachée-artère reste presque toujours ouverte, et ce n'est que dans une seule expérience, que nous devons à M. Duméril, que la plaie du col s'est cicatrisée : c'est seulement alors que l'action de l'air se borne à la peau. Ces recherches intéressantes appartiennent à l'influence réciproque des différentes parties du sys-

tème nerveux, et ce n'est qu'après avoir terminé tout ce qui concerne l'influence des agens physiques que je puis rapporter les faits qui tiennent à l'influence réciproque des fonctions.

Ainsi, par l'extirpation des poumons, nous avons déterminé l'influence de l'atmosphère sur la peau, pour entretenir la vie dans une plus grande étendue que par tous les autres moyens indiqués précédemment. Nous nous sommes rapprochés du but que nous nous étions proposé, mais nous ne croyons pas l'avoir atteint.

Si l'on se rappelle la longue durée de la vie de ces animaux sous l'eau aérée qui se renouvelle constamment, et qui n'agit que sur la peau, on s'étonnera peut-être de ce qu'ils ne vivent pas plus long-temps sous l'influence directe de l'atmosphère. Placés dans l'eau aérée, et privés de la respiration pulmonaire, ils ne trouvent d'autres bornes à leur vie que des limites de température; mais dans l'atmosphère, qui, de même que l'eau aérée, agissait uniquement sur la peau, ils n'ont pu prolonger aussi long-temps leur existence. Puisque l'air, dissous dans l'eau, sert si bien à les faire vivre sans le secours des poumons, ne devraient-ils pas trouver plus de ressources dans l'atmosphère, si d'ailleurs on leur fournissait assez d'humidité? On peut le présumer, mais rien ne le prouve.

L'influence comparée de l'atmosphère et de l'eau aérée est si peu connue que nous ignorons pour-

quoi les poissons vivent mieux dans l'eau aérée que dans l'air; connaissance qui serait d'un grand intérêt pour la physiologie générale.

Relativement à l'influence comparée de l'eau aérée et de l'atmosphère sur les batraciens dans les expériences précédentes, il faudrait déterminer si l'opération n'a pas abrégé leurs jours : c'est ce que je me suis proposé par l'expérience suivante :

Le 4 mars 1819, j'enlevai les poumons à six grenouilles, avec les précautions déjà décrites, et je fermai l'ouverture au moyen d'une suture. Je les enfermai dans un panier avec six autres grenouilles intactes, et je les plaçai sous l'eau de la Seine, qui était à 4°. La température s'est progressivement élevée jusqu'à 9° dans l'espace de huit jours. La plupart des grenouilles sans poumons périrent avant celles qui étaient entières; mais à la fin de cette expérience, l'une de celles qui étaient privées de poumons avait survécu avec la seule entière qui restait. Elles offrirent alors une circonstance singulière; elles étaient accouplées, et la grenouille sans poumons pondit une grande quantité d'œufs. La saison, peu favorable à la vie de ces animaux sous l'eau, mit fin à l'expérience le 15 mars.

On voit que ces animaux étaient exactement dans les mêmes circonstances, la seule opération exceptée, ce qui était indispensable pour en apprécier les effets. Or, la plupart des grenouilles qui l'avaient subie ont vécu moins long-temps

que celles qui étaient dans leur état naturel ; et je crois que l'on peut, sans craindre de forcer la conclusion, l'étendre aux grenouilles qui, dans l'air, avaient subi l'extirpation des poumons, et regarder cette soustraction comme une cause de eurmort.

Le retranchement des poumons abrégeant la vie, on doit s'attendre à ce qu'une opération qui n'aurait d'autre effet que d'arrêter les fonctions des poumons, permette à ces animaux de vivre plus long-temps dans l'atmosphère par le seul moyen de la peau. Nous ne croyons donc pas avoir déterminé la plus grande limite de la vie de ces animaux, sous la seule influence de l'atmosphère sur la peau; mais nous nous bornerons pour le présent à la plus grande durée que nous avons obtenue.

De ce point de départ, nous pouvons arriver à de nouvelles connaissances relatives à l'action de l'atmosphère.

§ II. *Influence de la respiration pulmonaire.*

Si nous avons apprécié dans une certaine étendue l'influence isolée de l'atmosphère sur la peau, nous n'avons pas encore recherché quel serait son effet sur la vie en bornant son action aux poumons. Ces animaux vivraient-ils en ne respirant que par cet organe ?

Il paraîtra singulier que l'on puisse élever un

doute à cet égard ; mais l'influence isolée de la respiration pulmonaire est ignorée, et sa connaissance ne saurait manquer d'intéresser la science.

Les animaux sur lesquels nous avons expérimenté ont une double ressource lorsqu'ils vivent dans l'atmosphère : c'est d'en recevoir l'influence sur la peau et sur les poumons. Nous avons déjà vu quel parti ils peuvent tirer de l'une ; voyons maintenant quelle est l'importance de l'autre.

Il s'agit de trouver le moyen le plus doux pour écarter les rapports de la peau avec l'atmosphère. La couvrir d'un enduit, ou lui donner une enveloppe se présente d'abord à l'esprit ; mais l'exécution n'en est pas facile : la peau humide, et dont la moiteur se renouvelle sans cesse, ne se prête pas aux procédés de l'art pour l'enduire d'une manière efficace, ou pour lui appliquer une enveloppe exacte et solide.

Si, rebuté par ces difficultés, on voulait les trancher en ayant recours à une opération, comme dans les expériences précédentes, on n'aurait d'autre ressource que d'enlever la peau. Je n'appuierai pas sur les détails de cette opération : tous les batraciens y succombent dans un espace de temps plus court qu'on n'aurait pu se l'imaginer. Ils ne vivent que quelques heures.

Cette prompte mort a lieu d'étonner chez des animaux qu'on peut, pour ainsi dire, mutiler impunément. Elle est d'autant plus remarquable, qu'à la même époque d'autres ont subi l'extirpa-

tion des poumons, et ont vécu sans cet organe un long espace de temps. La peau remplit donc des fonctions plus importantes que les poumons; mais c'est la seule conséquence que l'on puisse tirer de ce genre d'expérience : il ne peut servir à éclairer la nature de la fonction. En effet, cet organe en remplit plusieurs parmi lesquelles on ne saurait reconnaître l'influence de l'atmosphère; mais on peut conserver cet organe, et le soumettre à des épreuves qui ne nuisent aucunement à l'animal.

Voici l'appareil que j'ai employé. Je plaçai une grenouille dans un verre contenant deux décilitres d'eau. Une rondelle de bois à fleur d'eau l'empêchait de sortir, et une échancrure qu'on y avait faite laissait à l'animal la liberté de respirer l'air de l'atmosphère. Le liquide, qu'il salissait en quelques heures, était changé tous les jours. La température était de 12°, et elle s'est soutenue à 24° dans les derniers temps de l'expérience. Cette grenouille vécut ainsi trois mois et demi sans autre nutrition que la petite quantité d'eau dans laquelle elle était plongée, qu'on renouvelait tous les jours; et, après une si longue existence, ce n'est pas au défaut du contact de l'air sur la peau que l'on peut attribuer sa mort, comme on le verra dans la suite.

Dans cette situation, il est évident que l'animal n'a d'autres rapports directs avec l'atmosphère que par les poumons. Par l'intermédiaire de l'eau, il

peut, à la vérité, recevoir l'action d'une petite quantité d'air contenu dans ce liquide, ou qui peut être absorbé dans le cours de l'expérience; mais nous avons vu, dans les recherches précédentes sur l'asphyxie, que lorsqu'on plonge ces animaux dans un même volume ($0^{lit},2$) d'eau aérée d'une part, et d'eau non aérée de l'autre, sans qu'ils puissent respirer à la surface, cette quantité d'air ne prolonge pas sensiblement leur existence.

Cependant l'influence de cette petite quantité d'air, dans l'expérience précédente, n'étant pas rigoureusement déterminée, il pourra rester quelques doutes dans l'esprit, si l'on veut conclure que la respiration pulmonaire est seule suffisante pour entretenir la vie de ces animaux. On est en droit de présumer que cette quantité, qu'on peut négliger dans d'autres circonstances, peut être utile dans celle-ci, et contribuer à l'entretien de la vie, en aidant l'action des poumons. Un secours, quelque faible qu'il paraisse en lui-même, pourrait, dans des cas extrêmes, devenir un auxiliaire utile.

L'huile serait un moyen suffisamment efficace pour intercepter l'air, si ce liquide était d'ailleurs exempt de reproche. Si on le substitue à l'eau dans des verres avec une rondelle, comme dans les expériences précédentes, où les animaux ont la liberté de respirer, ils meurent dans un court espace de temps.

Je fis cette expérience sur dix grenouilles : six

de ces animaux vécurent de 7 à 8 heures; les quatre autres moururent le lendemain. La température était à 21°, comme dans les expériences avec l'eau.

Je me suis proposé de déterminer l'action propre de l'huile sur la peau; et je me suis aperçu que cette substance n'était pas absolument inerte. Je mis des grenouilles comparativement dans des verres contenant deux décilitres d'huile et d'autres dans la même quantité d'eau, sans leur laisser la faculté de respirer : les grenouilles dans l'huile faisaient des mouvemens extraordinaires, et même plusieurs efforts de vomissement; cependant elles vécurent sensiblement le même temps dans l'un et dans l'autre liquide.

Si, dans ces deux cas, au lieu de supprimer la respiration, on la laisse libre, comme dans les expériences que j'ai rapportées plus haut, la différence devient considérable. L'eau qui contient ou absorbe un peu d'air a une tendance opposée à l'action irritante de l'huile, et la respiration pulmonaire, avec ce faible secours d'une part et ce léger obstacle de l'autre, se trouve alternativement en état ou hors d'état de suffire à l'entretien de la vie. Si donc on pouvait réduire ces animaux, dans leurs rapports avec l'atmosphère, à la seule respiration pulmonaire, ils se trouveraient, pour ainsi dire, sur les limites de la vie et de la mort.

C'est cette considération qui m'a engagé à rechercher s'il n'y aurait pas d'autres animaux de la

même famille à qui la respiration pulmonaire fût insuffisante pour l'entretien de la vie, malgré le secours de la petite quantité d'air contenue dans l'eau.

Les rainettes sont des animaux de cette famille ; elles diffèrent des grenouilles et des crapauds par une petite pelote à l'extrémité des doigts, qui leur sert à grimper perpendiculairement sur les arbres, et même sur les murs lisses et unis.

L'espèce sur laquelle j'ai expérimenté est la plus commune en France. Pour la contenir et faciliter sa respiration, il a fallu employer plus de précautions que dans l'expérience précédente. Je me suis servi du même appareil, en fixant à l'échancrure de la rondelle un petit filet assez lâche pour pouvoir être tiré en haut par un crochet de fil de fer suspendu au bord du vase par un autre crochet. La rainette, mettant la tête sous le filet, respirait ainsi dans l'atmosphère sans pouvoir s'échapper de l'eau qui l'environnait. Je mis successivement en expérience huit de ces animaux dans l'espace de cinq jours; la température varia de 17° à 20°; il n'y avait dans chaque verre qu'environ deux centilitres d'eau, qu'on changeait toutes les vingt-quatre heures et même plusieurs fois par jour. Cependant ils n'ont pas vécu au-delà de trois à quatre jours.

Dans les diverses expériences que j'ai faites, l'effet a été uniforme et constant. Il est donc évident que les rainettes ne peuvent vivre lorsque l'action

de l'atmosphère sur la peau est supprimée quoiqu'elles jouissent de la respiration pulmonaire. Cette conclusion est d'autant plus juste que l'eau en contact avec leur peau fournissait un peu d'air qui devait favoriser leur existence. La situation dans laquelle on les avait mises ne pouvait avoir aucune influence nuisible sur elles; elles n'avaient été soumises à aucune opération; quoiqu'elles soient des animaux terrestres, l'eau n'exerce pas sur elles une action délétère; et bien qu'elles se plaisent davantage sur la terre, elles ne laissent pas de fréquenter l'eau. Il est vrai cependant qu'elles n'y séjournent pas, et l'on en voit maintenant la raison.

C'est que la respiration pulmonaire ne suffit pas pour entretenir la vie des rainettes dans ses rapports avec l'atmosphère, et que son influence sur la peau est nécessaire pour qu'elles puissent exister dans les circonstances où je les ai placées.

D'autres animaux de la même famille sont dans le même cas. La même expérience m'a réussi avec les crapauds accoucheurs, et l'on peut présumer que les autres batraciens, à qui la respiration pulmonaire paraît suffire, dans les conditions rapportées plus haut, pourraient succomber en faisant une légère modification à l'expérience.

Je mis dix-sept grenouilles dans un vase contenant 4,0 litres d'eau de Seine, en leur laissant la faculté de respirer à la surface : la température était la même que dans les expériences précédentes. Quatre jours après il en mourut sept.

J'ai répété cette expérience sur vingt grenouilles placées dans les mêmes circonstances, en ayant soin de renouveler les 4,0 litres d'eau tous les jours : il en mourut neuf dans l'espace de trois jours; tandis que celles qui étaient mises comparativement dans des verres, avec deux décilitres d'eau, vivaient toutes.

La différence tient à la profondeur de l'eau. Dans des verres, ces animaux, soutenus par le fond, respirent à volonté; dans les vases de 4,0 litres, dont la profondeur est d'un pied, ils ont, à la vérité, la liberté de respirer, et se soutiennent un certain temps à la surface; mais après avoir expulsé plus ou moins d'air de leurs poumons, leur gravité spécifique devenant alors prédominante, ils vont au fond du vase; ils remontent et descendent ainsi alternativement, et cette légère modification de la respiration leur devient funeste. C'est que la respiration pulmonaire, lors même qu'elle est continue, suffisant à peine pour l'entretien de la vie des grenouilles, devient insuffisante lorsque, éprouvant cette légère intermission, elle n'est pas soutenue par l'action d'une eau bien aérée sur la peau : c'est ce qui arrive dans ces vases. On conçoit donc comment, dans leur état de liberté, elles peuvent impunément interrompre la respiration pulmonaire et plus souvent et plus long-temps en été, saison si défavorable à la prolongation de leur vie sous l'eau. C'est que l'eau aérée qui se renouvelle, ou qui est en quantité suffisante, comme dans les

étangs et les petites rivières, soutient la vie de ces animaux dans les intervalles de la respiration, quoiqu'elle ne puisse suffire seule à entretenir leur existence dans la température de l'été. En considérant la profondeur de l'eau comme une mesure de l'intermission de la respiration, on conçoit aussi qu'elles pourraient ne pas vivre dans des eaux trop profondes, où quoiqu'en liberté de respirer à la surface, elles n'auraient pas celle d'arriver sur les bords, ou de se soutenir sur des corps étrangers.

Je crois avoir maintenant examiné l'influence que l'atmosphère, considérée en général, exerce sur la vie de ces animaux, et l'avoir suivie dans ses principaux rapports avec eux, me réservant de traiter dans le chapitre suivant de l'influence des modifications de ce fluide.

CHAPITRE V.

De l'Influence de l'Atmosphère sur la Transpiration.

Le premier changement bien appréciable que les animaux éprouvent, lorsqu'ils sont placés dans l'atmosphère, consiste dans une diminution de poids. Cette dissipation d'une partie du corps par une vapeur qui s'exhale des animaux, ou un liquide qui transsude de leur surface extérieure est connue sous le nom général de *transpiration*. Lorsque tout le liquide qui transsude ne se convertit pas en vapeurs, ou que la vapeur elle-même se condense ensuite sur le corps par l'influence de quelqu'agent extérieur, le liquide qui paraît sur la surface extérieure a reçu le nom de *sueur*. Or, on sent bien que ces différences n'étant que des modifications de la transpiration, elles peuvent varier à l'infini, sans que la perte totale en soit affectée. Il est également évident que ce qu'il importe le plus de connaître, c'est la diminution de poids que le corps éprouve sous l'influence de circonstances déterminées, quelles que soient les modifications que la matière subisse en se dissipant. C'est pourquoi je réduis d'abord l'examen de la *transpiration* à sa plus

grande simplicité, en considérant l'animal qui transpire comme perdant un liquide qui se dissipe, soit par évaporation aux surfaces pulmonaire et cutanéee, soit par transsudation par la peau.

C'est la perte par l'évaporation que je me propose d'évaluer, ainsi que ses variations suivant des circonstances déterminées.

§ Ier. *Pertes par la transpiration dans des temps égaux et successifs.*

Le premier phénomène que j'examinerai est celui qui dépend du temps. Quelle est la mesure relative de la transpiration dans des temps égaux et successifs? Sera-t-elle croissante ou égale? Les pertes iront-elles en diminuant dans des temps égaux? ou enfin seront-elles irrégulières et ne paraîtront-elles soumises à aucune règle? Tous ces résultats sont possibles; et chacun d'eux pourrait être déduit du raisonnement appuyé sur quelques faits connus, si le raisonnement seul pouvait décider des questions qui tiennent aux élémens compliqués de la vie.

Il importait de commencer par cette recherche, afin de connaître la marche de la transpiration dépendante de l'animal, et ne pas attribuer à l'influence des agens extérieurs des effets qui résultent de l'organisation. Sans la détermination de ce point de départ, on verrait un grand nombre de résultats, quelle que soit l'exactitude avec laquelle

on les ait établis, devenir, pour ainsi dire, inutiles, parce qu'ils ne seraient plus comparables, et la multitude d'expériences, au lieu d'ajouter à notre conviction, produirait l'incertitude par la diversité des mesures.

Ces expériences nécessitaient de nombreux détails numériques que j'ai consignés dans des tableaux qui présenteront les bases sur lesquelles reposent les résultats généraux. Ces résultats sont les seuls que je puisse rapporter sans fatiguer l'attention. Par la même raison, j'insisterai le moins possible sur les procédés employés. Je n'indiquerai que les principales circonstances, pour donner une idée suffisante des précautions nécessaires pour rendre les résultats exacts et comparables.

Afin de déterminer le rapport des pertes de poids que le même individu éprouve dans des temps égaux, lorsqu'on l'expose à l'atmosphère, je pesais une grenouille d'heure en heure dans un air qui paraissait calme; la température était notée avec soin, et restait sensiblement la même pendant la durée de l'expérience.

En comparant les diminutions de poids dans les mêmes intervalles successifs d'une heure, je trouvais, dans les quantités respectives de la transpiration, une fluctuation remarquable. Les variations étaient très-grandes, puisqu'elles présentaient souvent des rapports doubles ou triples; dans des temps égaux elles étaient ordinairement alterna-

tives, sans présenter de parité dans les retours successifs de leurs accroissemens et de leurs diminutions. Je m'assurai, par des expériences multipliées, que ce phénomène n'était pas individuel, mais qu'il se reproduisait même dans les divers genres de cette famille que j'ai soumis à l'expérience (1).

Quoiqu'on puisse compter sur l'exactitude de ce fait, il est peu propre à satisfaire l'esprit qui ne se complaît que dans la régularité des phénomènes. Leur irrégularité d'ailleurs, lorsqu'elle ne dépend pas de quelque erreur dans le mode d'expérimentation, suppose l'action de plusieurs causes influentes qui ne restent pas constantes pendant la durée de l'expérience. Cette considération m'a engagé à envisager mon sujet d'une autre manière pour découvrir, s'il était possible, une plus grande régularité dans la marche des phénomènes.

Quelles que soient les causes de la fluctuation d'heure en heure, leurs effets pouvaient ne pas se faire sentir de même en prenant des espaces de temps plus considérables, et disparaître ainsi, au moins en grande partie, sous l'influence d'autres causes qui tendraient à rendre la transpiration régulière. J'ai donné une plus grande étendue à la durée des expériences, et en pesant les animaux de deux heures en deux heures, j'ai vu qu'il

---

(1) *Voyez* tableau 3 et 4.

y avait une tendance marquée au décroissement des pertes par la transpiration dans des temps égaux. En les comparant ensuite toutes les trois heures, le décroissement devient indubitable par le nombre des faits que j'ai consignés dans les tables. Trois heures ont presque toujours suffi, dans les circonstances où les expériences ont été faites, pour rendre cette marche constante (1). Dans un petit nombre de cas, il a fallu des intervalles de neuf heures pour parvenir au même résultat (2). C'est donc entre ces limites que j'ai pu observer le décroissement constant de la transpiration dans des temps égaux, et que les causes qui, dans de plus courts intervalles, le faisaient fluctuer, perdaient sensiblement leur influence. J'indique ici les limites de temps de préférence à celles des quantités de liquide perdu par l'évaporation, parce qu'elles présentent des rapports plus faciles à saisir, et que nous nous en servirons utilement jusqu'à ce que des faits nouveaux exigent que nous les envisagions sous un autre aspect.

En considérant ce résultat en rapport avec les causes, on voit d'abord que le décroissement de la transpiration dans des temps égaux et successifs, lorsque les circonstances extérieures paraissent les mêmes, doit dépendre, du moins en grande partie, des changemens d'état qui ont lieu dans

---

(1) *Voyez* tab. 6.

(2) *Voyez* tab. 7.

l'animal. Le changement le plus appréciable est évidemment la diminution successive de la masse des liquides, et à mesure que, dans les limites indiquées, il en reste moins par les pertes précédentes, la transpiration devient de moins en moins abondante.

En considérant ensuite le décroissement de la transpiration sous le rapport de la rapidité plus ou moins grande de sa marche, les expériences précédentes nous fournissent un autre fait qui mérite une attention particulière : c'est que, dans les limites de temps que j'ai indiquées, les pertes par la transpiration, dans le premier espace de temps, sont souvent dans une bien plus grande proportion que dans les mêmes temps consécutifs, et que le décroissement dans ceux-ci est progressivement moindre. En considérant le point de départ comme le point de saturation, on pourra exprimer ces phénomènes de la manière suivante, en disant que la transpiration chez ces animaux devient de moins en moins rapide, à mesure qu'ils s'éloignent de leur point de saturation. On conçoit par là que l'on ne saurait obtenir des résultats comparables entre eux, dans un grand nombre de cas, si l'on n'avait égard au point de saturation de ces animaux. Car si l'on voulait comparer la transpiration sous le rapport des poids des animaux, sans avoir égard au point de leur saturation, ils pourraient donner des résultats qui seraient très-éloignés du rapport de leur poids, et

qui pourraient même être inverses : c'est ce que l'expérience confirme. Mais je ne m'arrêterai pas ici sur ce point, qui suppose des recherches sur la saturation, et qui ne peuvent trouver leur place ici; nous y reviendrons dans la suite.

§ II. *Effet du repos et du mouvement de l'air.*

Nous rechercherons maintenant la cause des fluctuations de la transpiration que nous avons observées d'heure en heure. Il était naturel de l'attribuer d'abord aux variations continuelles dépendantes de la vie; mais je me suis assuré qu'elles avaient également lieu dans l'animal mort et dans le vivant; que cette fluctuation ne dépendait pas même de l'organisation particulière de l'animal, abstraction faite de la vie, puisqu'elle s'observe sur les corps inorganiques, comme je l'ai reconnu en soumettant à l'évaporation spontanée des morceaux de charbon de bois imbibés de liquide, et placés dans les mêmes circonstances que les animaux relativement à l'atmosphère (1). Il faut donc recourir aux agens extérieurs pour y trouver au moins la cause principale de ces variations. Or, on sait que l'atmosphère, même lorsqu'elle nous paraît le plus calme, est réellement assez agitée pour agir sensiblement sur l'évaporation par son mouvement.

---

(1) *Voyez* tableau 5.

Ces remarques nous conduisent à examiner l'influence que le mouvement et le repos de l'air exercent sur la transpiration de ces animaux.

A cet effet, j'en ai suspendu dans l'appartement, à l'embrasure d'une fenêtre ouverte ; j'en ai mis, comparativement et en nombre égal, à une autre embrasure dont la fenêtre était fermée ; ainsi l'air de l'appartement communiquait librement avec celui de l'extérieur ; la seule différence sensible qui existât dans la condition de ces animaux, est que les uns étaient directement exposés aux mouvemens de l'air, et que les autres en étaient partiellement abrités.

Dans les expériences que j'ai faites à cet égard, les différences dans la transpiration étaient très-marquées, même dans une atmosphère qui semblait calme ; les animaux qui étaient exposés à la fenêtre ouverte perdaient au moins le double par la transpiration ; et, suivant l'intensité du vent, le triple et le quadruple de ceux qui étaient placés dans l'intérieur de l'appartement (1).

Ces différences dans l'influence du mouvement de l'air sur la transpiration doivent faire attribuer principalement à cette cause les fluctuations que nous avons observées dans la transpiration examinée d'heure en heure ; mais je me suis assuré positivement de ce fait par des expériences directes. Lorsqu'on suspend ces animaux dans des

(1) *Voyez* tab. 8 et 9.

vases ouverts par le haut, et dont l'ouverture est large, pour permettre à la transpiration de se dissiper facilement dans l'air, les fluctuations d'heure en heure cessent d'avoir lieu ou sont peu marquées.

§ III. *Transpiration dans l'air à l'humidité extrême.*

Ayant déterminé l'influence qu'exerce sur la transpiration l'air en repos et en mouvement, et les effets qui résultent des abris pour diminuer l'agitation de l'air, et par conséquent la transpiration, je me suis occupé de l'état hygrométrique de l'atmosphère.

La première question qui se présente est de savoir si, dans un air saturé d'humidité, la transpiration aurait lieu.

Pour y parvenir, il faut, autant que possible, écarter les autres causes qui peuvent influer sur la transpiration. A cet effet, il est nécessaire d'écarter l'influence de l'air en mouvement qui, d'après les expériences précédentes, produit, suivant sa vitesse, des effets si marqués.

Il a donc fallu se prévaloir de l'influence des abris pour se procurer un air parfaitement calme, et suspendre l'animal dans un vase de verre renversé sur l'eau. Il était assez grand pour que l'altération de l'air par la respiration n'influât pas sur la durée de la vie. C'est ce dont je me suis assuré

par des expériences préalables. Il n'est pas besoin d'ajouter que j'ai pris toutes les précautions nécessaires pour obtenir et conserver l'humidité extrême, et j'ai eu soin d'observer, par la marche de l'hygromètre dans le vase, que l'air ne mettait que quelques minutes à parvenir au point de saturation, intervalle pendant lequel les pertes de poids, dans cette circonstance, sont à peine appréciables.

J'ai multiplié les expériences; j'ai varié l'intervalle des pesées, soit en les rapprochant, soit en les éloignant considérablement, et j'ai observé une diminution de poids. Je sais que les altérations chimiques de l'air par la respiration doivent occasioner une diminution de poids, dans le cas où cette perte n'est pas réparée. On serait tenté d'attribuer à cette cause la déperdition qui a lieu dans l'air saturé d'humidité; mais des expériences particulières sur l'étendue de la respiration de ces animaux m'ont fait voir que la petite défalcation que cette cause exige laisse une perte plus grande, qui ne peut être attribuée qu'à la transpiration.

Il est vrai que, dans des températures moyennes, l'animal a une température propre, quoiqu'elle ne diffère que très-peu de celle des corps environnans, et que cette même cause peut influer un peu sur sa transpiration dans l'air humide; mais comme c'est le fait que je recherche ici et non sa cause, nous dirons que l'air saturé d'humidité n'empêche pas la transpiration, mais qu'il

la réduit à son *minimum* relativement à toutes les autres causes que nous avons examinées jusqu'ici (1).

§ IV. *Transpiration dans l'air sec.*

J'ai ensuite comparé aux effets de l'air saturé d'humidité l'influence d'un air aussi sec que je pouvais me le procurer dans ce genre d'expériences. Plusieurs causes s'opposent à ce que l'air du vase soit à la sécheresse extrême, soit au commencement, soit pendant le cours de l'expérience : d'abord, la nécessité de commencer l'expérience sur la transpiration en même temps que le desséchement de l'air dans un vase clos, pour ne pas introduire l'animal à travers le mercure dans un vase contenant de l'air préalablement desséché ; de ce passage il pourrait résulter une augmentation de poids qui rendrait l'expérience inutile ; ajoutez à cette cause la transpiration de l'animal, qui, dans un air parfaitement sec, change l'état hygrométrique de ce fluide : il meurt par les pertes qu'il éprouve, avant que la chaux ait pu ramener l'air à la sécheresse extrême, à moins qu'on n'emploie des appareils dont les grandes proportions ne seraient guère à la portée de l'expérimentateur.

L'hygromètre placé dans le vase avec l'animal

(1) *Voyez* tab. 10.

et une grande quantité de chaux vive, marquait le degré de sécheresse de l'air.

Toutefois, les effets de l'air calme desséché progressivement durant le cours de l'expérience, n'ont pas laissé d'être très-remarquables. Dans le même espace de temps, toutes les autres circonstances étant les mêmes, excepté l'état hygrométrique, la transpiration dans l'air sec a été de cinq à dix fois plus grande que dans l'humidité extrême, suivant le degré de la sécheresse et la durée de l'expérience (1).

Si l'on compare l'influence de l'état hygrométrique de l'air avec celle qui résulte de son mouvement, l'on voit que l'agitation de l'air, pourvu que ce fluide ne soit pas à l'humidité extrême, peut augmenter la transpiration dans une aussi forte proportion que le ferait un air plus sec et calme.

§ V. *Effets de la température.*

Aux effets du mouvement de l'air et de son état hygrométrique, il importe d'ajouter ceux de la température. Pour faire ressortir son influence, il fallait également, dans l'appréciation de cette cause, écarter les perturbations qui peuvent naître de l'influence irrégulière des autres.

Il importait donc de la rendre uniforme dans toutes les expériences sur la chaleur; il importait

---

(1) *Voyez* tab. 10.

aussi de la réduire, autant que possible, au *minimum* de ses effets d'après les expériences précédentes. C'est pourquoi les expériences sur l'influence de la température ont été faites dans un air calme et saturé d'humidité.

J'ai comparé l'influence de la température sur la transpiration, entre 0° et 40° centigrades, qui sont les limites compatibles avec la vie et à-peu-près celles que présente l'atmosphère. Il en résulte d'abord que l'influence de la température sur la transpiration, en réduisant les autres causes, autant que possible, à leur *minimum* d'action, produit cet effet général de tendre, par son élévation, à égaliser les pertes dans des temps égaux, ou, en d'autres termes, à diminuer le décroissement de la transpiration, sur lequel nous avons beaucoup insisté au commencement de ce chapitre.

A la limite supérieure, c'est-à-dire à 40°, l'égalité de transpiration d'heure en heure a eu lieu à de petites différences près, qui ne paraissaient plus dépendre de la disposition au décroissement. Mais on ne peut compter sur ce phénomène que pendant un certain espace de temps, car, lorsqu'on approche du terme de la vie, le décroissement commence à devenir sensible, mais dans une très-petite proportion.

Quant à l'influence relative des différens degrés de température sur la quantité de la transpiration, entre 0° et 40° cent., elle est beaucoup moindre qu'on ne serait porté à le présumer sans moyens

exacts d'observation. En effet, dans l'espace de cinq heures, la transpiration à 20°, comparée à celle qui a lieu à 0°, n'a guère été que deux fois plus grande ; différence bien moindre que celle que nous avons obtenue par l'action des autres causes. De même, la quantité de transpiration qui résulte pendant un égal espace de temps de l'influence de 40°, comparée à celle de 0°, est sept fois plus grande, et dans le même rapport que les effets que nous avons obtenus d'un air sec et calme, comparés à ceux d'un air humide (1).

(1) *Voyez* tab. 11, 12 et 13.

CHAPITRE VI.

De l'Absorption et de la Transpiration dans l'eau.

Nous avons vu que les pertes par la transpiration avaient lieu dans l'air humide, lors même que toutes les autres causes extérieures sont à leur minimum d'influence : ce qui fait naître l'idée de comparer la transpiration dans un air saturé d'humidité à celle qui a lieu dans l'eau.

Il s'agit de savoir quelle est l'action de l'eau sur le poids du corps, soit pour l'augmenter, soit pour le diminuer, lorsque ce liquide est mis en contact avec la surface extérieure. Ce sujet a été à peine effleuré, et mérite une considération particulière.

Tout ce que l'on sait, c'est qu'il peut y avoir angmentation de poids. On ignore si elle a toujours lieu, ainsi que toutes les autres circonstances qui y sont relatives. C'est ce qui m'a engagé à examiner l'action de l'eau sur le poids du corps dans les principaux rapports qui tiennent à mon sujet. Pour rendre plus sensible l'influence que l'eau mise en contact avec la surface extérieure des grenouilles exerce sur leur poids, j'ai cru devoir les placer d'abord dans l'air, jusqu'à ce qu'elles eussent subi des pertes notables par la transpira-

tion, présumant que si elles absorbent de l'eau, l'absorption sera plus marquée lorsqu'elles seront éloignées de leur point de saturation : c'est ce qui a lieu en effet.

Ces animaux ayant préalablement perdu par la transpiration une partie considérable de leur poids, et étant mis dans l'eau à la même température que l'air, m'ont présenté ensuite un accroissement de poids par leur séjour dans ce fluide. Il a donc été absorbé, et cette absorption est, pour ainsi dire, sensible par la diminution marquée du liquide dans le vase où l'animal est placé. Ainsi l'eau et l'atmosphère, dans les circonstances que je viens d'indiquer, peuvent être considérées comme agissant en sens inverse sur le poids du corps, puisqu'il y a eu diminution dans l'air et augmentation dans l'eau.

Mais jusqu'à quel point cet accroissement a-t-il lieu? quelle en est la marche? quelle en est la limite? Après ce terme, qu'arrive-t-il au poids du corps par le contact prolongé de l'eau, condition à laquelle tous les animaux sont exposés, et dont il importe de déterminer l'influence?

J'ai examiné d'abord l'étendue de l'absorption. Il résulte des expériences que j'ai faites que, lorsqu'on n'a pas poussé trop loin la transpiration dans l'air, l'absorption dans l'eau continue pendant le temps nécessaire pour réparer la perte faite dans l'atmosphère. Mais l'absorption ne s'arrête pas toujours là : elle peut dépasser de beaucoup ce

terme avant d'atteindre le point de saturation : Il arrive donc un temps où l'accroissement successif de poids s'arrête. Voyons maintenant la marche de l'absorption pendant ce temps. Elle est décroissante, ainsi que nous l'avons remarqué pour la transpiration dans l'air, lorsque la température n'est pas très-élevée. De plus, ce décroissement est très-rapide, à mesure que les animaux se rapprochent de la saturation : de manière que, si l'on veut les comparer sous le rapport de la vitesse de l'absorption, il faut, toutes choses égales d'ailleurs, qu'ils soient également éloignés de leur point de saturation : alors les résultats deviennent comparatifs. Si, au contraire, ils diffèrent beaucoup à cet égard, les résultats sont très-différens; et l'on voit que ceux qui sont le plus éloignés du terme de la saturation absorbent beaucoup plus vite que ceux qui en sont rapprochés (1).

En comparant la vitesse de l'absorption à celle de la transpiration, dans le cas où celle-ci est la plus rapide, on trouve qu'elle peut être six fois plus grande; mais il est évident, d'après ce qui précède, que ces rapports varieront suivant la distance du point de saturation. Il résulte au moins de cette comparaison que les pertes par la transpiration dans l'air peuvent se réparer par l'absorption de l'eau, dans un temps bien plus court que celui pendant lequel ces pertes ont eu lieu

(1) *Voyez* tab. 14.

Il s'agit maintenant de savoir ce qui arrive au poids du corps lorsqu'il a atteint dans l'eau le point de saturation. Reste - t - il stationnaire, ou décroît-il? Ou, en d'autres termes, subit-il des pertes malgré la présence de l'eau, lorsqu'il est saturé?

Voici le résultat des expériences que j'ai faites. Il ne tarde pas à décroître en poids, mais ce décroissement n'est pas continu. Il y a des alternatives de diminution et d'augmentation; mais dans ces fluctuations, les accroissemens ne dépassent point le terme de saturation où les pertes avaient commencé.

On voit que c'est ici que les phénomènes de la nutrition commencent à se manifester, puisqu'il y a un échange de substance absorbée et excrétée; c'est aussi la limite où je dois m'arrêter dans ce genre de recherches, qui n'est pas compatible avec un examen plus approfondi de ce sujet.

Cependant, avant de le quitter, je dois m'arrêter un instant pour dire un mot sur la nature de ces pertes et l'influence que la température exerce sur elles; connaissance indispensable pour apprécier les phénomènes de la transpiration dans l'air et l'action de l'atmosphère. J'observerai d'abord que pendant la transpiration dans l'air, nous n'avons considéré que les pertes de poids, sans examiner si, dans les liquides perdus par la transpiration, il y avait autre chose que de l'eau. C'est que, dans ces circonstances, la distinction n'était

terme avant d'atteindre le point de satur
Il arrive donc un temps où l'accroissement
cessif de poids s'arrête. Voyons mainten
marche de l'absorption pendant ce temps
est décroissante, ainsi que nous l'avons rem
pour la transpiration dans l'air, lorsque la t
rature n'est pas très-élevée. De plus, ce déc
ment est très-rapide, à mesure que les ar
se rapprochent de la saturation : de manièr
si l'on veut les comparer sous le rapport d
tesse de l'absorption, il faut, toutes chose
d'ailleurs, qu'ils soient également éloignés
point de saturation : alors les résultats devi
comparatifs. Si, au contraire, ils diffèrer
coup à cet égard, les résultats sont très-di
et l'on voit que ceux qui sont le plus éloi
terme de la saturation absorbent beauco
vite que ceux qui en sont rapprochés (1).

En comparant la vitesse de l'absorptio
de la transpiration, dans le cas où celle-
plus rapide, on trouve qu'elle peut être
plus grande ; mais il est évident, d'aprè
précède, que ces rapports varieront su
distance du point de saturation. Il rés
moins de cette comparaison que les pert
transpiration dans l'air peuvent se rép
l'absorption de l'eau, dans un temps b
court que celui pendant lequel ces pertes on

(1) *Voyez* tab. 14.

[illegible]git maintenant de savoir ce qui arrive au [illegible] corps lorsqu'il a atteint dans l'eau le [illegible] saturation. Reste-t-il stationnaire, ou [illegible]-il? Ou, en d'autres termes, subit-il des [illegible] malgré la présence de l'eau, lorsqu'il est [illegible]?

[illegible] le résultat des expériences que j'ai faites. [illegible] pas à décroître en poids, mais ce dé[illegible] n'est pas continu. Il y a des alterna[illegible] diminution et d'augmentation ; mais dans [illegible] ations, les accroissemens ne dépassent [illegible] terme de saturation où les pertes avaient [illegible]

[illegible] que c'est ici que les phénomènes de la [illegible] commencent à se manifester, puisqu'il y [illegible] de substance absorbée et excrétée ; [illegible] la limite où je dois m'arrêter dans ce [illegible] recherches, qui n'est pas compatible avec [illegible] plus approfondi de ce sujet.

[illegible], avant de le quitter, je dois m'arrêter [illegible] pour dire un mot sur la nature de ces [illegible] influence que la température exerce sur [illegible] naissance indispensable pour apprécier [illegible] mènes de la transpiration dans l'air et [illegible] de l'atmosphère. J'observerai d'abord [illegible] tant la transpiration dans l'air, nous [illegible] considéré que les pertes de poids, sans [illegible] si, dans les liquides perdus par la trans[illegible] il y avait autre chose que de l'eau. C'est [illegible] ces circonstances, la distinction n'était

pas facile, et que le premier pas à faire était de déterminer la perte par la transpiration sans en examiner la nature. Il n'en est pas de même lorsque l'animal est placé dans l'eau. On peut distinguer, suivant les circonstances de température et le laps de temps, qu'il se fait une excrétion de matières solides; car l'eau se trouble beaucoup dans les temps chauds, et contient sensiblement des matières animales.

Cette première observation s'accorde parfaitement avec l'analyse qui a été faite de la sueur de l'homme, qui démontre qu'elle contient une matière animale et une grande proportion d'eau. Sans examiner davantage la nature chimique de cette substance, cette observation suffit pour rendre raison des fluctuations du poids du corps dans l'eau. Les pertes par l'excrétion des matières animales se rétablissent d'abord par l'absorption de ce liquide; mais si l'on prolonge ces observations dans un espace de temps assez considérable, on trouve un décroissement réel et progressif dans le poids du corps, malgré les fluctuations. C'est que les pertes considérables de matières animales changent la capacité de saturation du corps pour l'eau, et l'absorption alors ne ramène plus le corps au point de départ. Par la même raison la vie finit par s'éteindre, si des matières plus nutritives que l'eau ne viennent réparer les pertes de substance animale.

J'appelle capacité de saturation pour l'eau la

quantité de ce liquide qu'un animal peut contenir, entre les limites de la plus grande inanition et de la plus grande réplétion. Elle se mesure de deux façons; d'abord, en supposant l'animal saturé de liquide, elle peut se mesurer par la quantité qu'il perd par la transpiration avant de mourir, lorsque ses pertes ne sont pas réparées; et dans ce cas, il passe du terme de saturation au terme d'inanition; en second lieu, par la quantité d'eau qu'un animal peut absorber, lorsqu'étant à son point d'inanition relativement à l'eau, on le met dans ce liquide : il augmente alors progressivement de poids jusqu'à ce qu'il arrive au maximum d'accroissement : le poids qu'il acquiert ainsi est une mesure de sa capacité de saturation pour l'eau.

On voit par ce qui précède, que lorsqu'un de ces animaux est placé dans l'eau, sa peau exerce deux fonctions qui agissent en sens inverses dont le rapport détermine le poids de son corps. J'ai pensé qu'il serait intéressant de déterminer quelle influence des variations dans la température exerceraient sur les rapports de l'absorption et de la transsudation.

J'en ai constaté les effets sur les mêmes animaux, dans des quantités d'eau semblables, à 0° 20° et 30° centigr.

Il est résulté d'expériences comparatives qu'à zéro l'absorption l'emporte de beaucoup sur les pertes, tandis qu'à 30° les pertes sont plus grandes

que les accroissemens de poids par absorption (1); de sorte qu'il doit y avoir des degrés intermédiaires où les alternatives d'accroissement et de diminution tendent à l'égalité.

On observait de plus que l'élévation de température dans l'eau agissait sensiblement pour augmenter les excrétions de matières animales; nous pouvons donc présumer, sans craindre de trop étendre la conclusion, que cet agent produit un effet analogue sur la transpiration dans l'air. Or, les mouvemens de l'air, auxquels on ne reconnaît guère d'action chimique, doivent influer moins que la température sur les excrétions de matières animales, et agir, par conséquent, pour augmenter la proportion de la partie aqueuse qui se dissipe dans la transpiration.

Les effets de la sécheresse et de l'humidité paraissent influer aussi moins que la température sur les pertes de matières animales.

Je n'insisterai pas davantage sur ces considérations; j'ai poussé mes recherches à cet égard aussi loin que je l'ai pu, à l'aide d'expériences physiques, et la nature de ce travail m'interdit d'empiéter sur le domaine de la chimie.

Je termine ici mes recherches sur la famille des batraciens; je n'en présenterai pas le résumé; une pareille récapitulation ne pouvant offrir d'intérêt qu'en établissant une comparaison entre ces résul-

---

(1) *Voyez* tab. 15, 16 et 17.

tats, et ceux que donneront des expériences analogues, faites sur les autres animaux à sang froid. C'est ce que je me propose de faire dans la seconde partie de cet ouvrage, où je traiterai de l'influence des agens physiques sur les autres animaux à sang froid : savoir, les poissons, les lézards, les serpens et les tortues.

SECONDE PARTIE.

POISSONS ET REPTILES.

CHAPITRE PREMIER.

Têtards.

En traitant de la famille des batraciens, j'ai passé légèrement sur la première époque de leur vie, pendant laquelle ils ont une forme et des fonctions différentes. C'est que le genre de vie des têtards, ou larves de batraciens, étant, à bien des égards, semblable à celui des poissons, je m'en suis réservé l'examen pour l'époque où je m'occuperais de cette classe d'animaux à sang froid.

Je n'insisterai que sur les différences que leur organisation amène dans leur rapport avec les agens physiques.

La plus importante n'est pas celle qui dépend de leur conformation extérieure, c'est-à-dire, de la présence de la queue et de l'absence des membres, forme extérieure des poissons, mais celle qui provient de l'existence de deux espèces d'organes respiratoires, les poumons et les branchies. Les têtards réunissent, sous le rapport de la respiration, les fonctions des reptiles à celles des pois-

sons; mais ils ne se servent pas également de ces organes; leur usage varie non-seulement suivant leur développement, mais encore suivant leurs conditions physiques; rapports sous lesquels nous devons les considérer : nous examinerons d'abord leur vie sous l'eau.

Le têtard a de commun avec l'animal adulte la faculté de vivre, par le moyen de la peau, aux dépens de l'air contenu dans l'eau. On a vu précédemment que les limites de température entre lesquelles les adultes peuvent exister dans cette condition étaient 0° et 10°, et que, au-dessus de ce terme, la plupart avaient besoin de recourir à la respiration aérienne; mais les têtards ont un organe de plus, qui leur sert à recevoir l'influence vivifiante de l'air contenu dans l'eau, et spécialement destiné à cet usage : or, pouvant tirer un plus grand parti de la respiration aquatique, ils doivent supporter sous l'eau une plus grande élévation de température, sans puiser dans l'air extérieur. C'est ce que l'expérience confirme. J'en ai gardé long-temps dans des vases où elle était renouvelée par intervalles, et dans l'eau courante à la température de 25°.

Le point qu'il importe le plus d'éclairer est l'influence des agens physiques sur leur métamorphose.

L'action de ces agens sur la forme des animaux est une des questions les plus curieuses de la physiologie.

Une des conditions que l'on connaît le mieux

est la nécessité de l'alimentation pour le développement des formes. C'est pourquoi, lorsqu'on veut hâter la métamorphose des têtards, on a soin de mêler à l'eau dans laquelle on les garde de petites quantités de substances nutritives, et de renouveler ce liquide pour que la décomposition de ces matières ne leur devienne pas funeste. On peut de même retarder leur développement, en les gardant dans de l'eau qui ne contient pas une nourriture suffisante.

La température est une autre condition dont on connaît en général l'influence sur le développement des formes. On sait que les têtards se développent dans les temps chauds ; mais ce qui n'est pas aussi généralement connu, c'est qu'un grand nombre, dans nos climats, ne se transforment pas la même année. C'est ce qui arrive à ceux qui naissent tard en été : la température n'étant pas ensuite assez élevée, ils passent l'hiver avec leur forme de larve, et ne la perdent qu'au retour de la chaleur. Voilà les seules influences qui aient été appréciées à l'égard du développement de ces animaux.

Il y en a une autre que j'ai cherché à déterminer et à laquelle j'ai été conduit par mes expériences sur les adultes. Il s'agit des effets que la respiration aérienne, comparée à la respiration aquatique, exerce sur la forme de ces animaux dans leur premier âge.

La différence que j'avais observée dans l'activité des adultes, dans l'un et l'autre cas, m'avait fait

présumer que, en bornant les têtards à la respiration aquatique, ce mode d'existence pourrait influer sur la conservation de leur forme.

Voici le procédé que j'ai employé. Je fis faire une boîte de fer-blanc, divisée en douze compartimens, dont chacun portait un numéro, et était percé de trous pour que l'eau pût traverser librement la boîte. Je mis un têtard dans chaque case après l'avoir pesé, et je plaçai la boîte dans la Seine, à quelques pieds au-dessous de la surface. J'en mis un plus grand nombre dans un vase de terre contenant trente litres d'eau de Seine qu'on renouvelait tous les jours. Les têtards avaient la liberté de monter à la surface, et de respirer l'air extérieur. Ils ne tardèrent pas à se transformer. Des douze placés dans la boîte sous l'eau, dix conservèrent leur forme, sans aucun progrès dans leur métamorphose, quoiqu'ils eussent acquis les uns le double et les autres le triple de leur poids : ajoutez à cela qu'à l'époque où l'on a commencé l'expérience, ils avaient atteint le volume auquel la métamorphose est près d'avoir lieu. Deux seulement se transformèrent, mais beaucoup plus tard que ceux qui, dans le vase de terre, avaient la liberté de respirer.

Le défaut de respiration aérienne paraît avoir ici une influence marquée sur tous les têtards qui ont été placés dans cette condition, inégalement à la vérité; mais on n'a pu suffisamment se rendre maître d'une condition très-influente, celle de

l'alimentation. Dans la rivière l'eau se renouvelle sans cesse : les débris de matières végétales et animales doivent y être plus abondans que dans l'eau d'un vase qu'on ne renouvelle que toutes les vingt-quatre heures.

Malgré cette différence en faveur des têtards privés de respiration aérienne, elle n'a influé que sur deux; les dix autres n'ont subi aucune altération.

Il semble résulter de ces faits que ces jeunes animaux à double respiration conserveraient leur forme sous l'eau si la nutrition n'était pas trop abondante et la température trop élevée, et que la seule différence de la respiration aérienne ajoutée à ces conditions déterminerait la transformation.

Cette conclusion m'a d'abord paru rigoureuse; mais il y avait un élément dont je n'avais pas tenu compte, c'est l'absence de la lumière; car les têtards étaient renfermés sous l'eau dans une boîte de fer-blanc; en même temps qu'ils étaient privés de la respiration aérienne, ils l'étaient aussi de la lumière : or, la conclusion doit porter sur ces deux conditions; nous l'exprimerons ainsi : lorsque les têtards sont dans l'obscurité, et ne peuvent jouir de la respiration aérienne, leur métamorphose est retardée ou empêchée. Je reviendrai sur ce sujet dans une autre partie de cet ouvrage, lorsque je parlerai de l'influence de la lumière.

Je présenterai ici une considération déduite de

ce fait; et relative à ces animaux singuliers, qui ont des rapports marqués avec les têtards, et qu'on a joints à la famille des batraciens : ce sont l'axolotl, la sirène et le protée.

M. Cuvier, qui a fait de belles recherches sur ces animaux, a constaté que l'axolotl avait la structure d'une larve de salamandre; que la sirène et le protée devaient constituer des espèces de genres différens, et que les poumons de ce dernier étaient dans un état presque rudimentaire.

Tous ces animaux sont pourvus du double appareil respiratoire, de poumons et de branchies : mais l'organe pulmonaire du protée, comme nous venons de le voir, se trouve dans un état imparfait.

Il se pourrait que le résultat des recherches précédentes fût applicable à ces animaux. Il serait à désirer qu'on étudiât l'influence de ces conditions réunies de nourriture, d'élévation de température, de respiration aérienne, et de la présence de la lumière sur les deux premiers, l'axolotl et la sirène; et qu'on recherchât si l'exercice des poumons, par un usage fréquent de la respiration aérienne à la surface de l'eau, ne tendrait pas à supprimer les branchies, comme il arrive chez les jeunes batraciens, lorsque la température et la nutrition sont à des degrés convenables. Il est à remarquer que l'on a toujours trouvé le protée dans des conditions de température, d'obscurité et de respiration dans lesquelles les branchies subsistent. En effet, il habite les eaux souterraines des lacs

de la Carniole, où il ne peut exercer la respiration aérienne, et où la température est peut-être assez basse pour maintenir les branchies.

En prolongeant considérablement le séjour des têtards sous l'eau, je me propose d'examiner jusqu'à quel point la nutrition des poumons peut en être affectée, et si la longue inaction de cet organe ne tendrait pas à l'atrophier.

Un pareil résultat pourrait servir à nous éclairer sur les causes de l'organisation du protée relativement à l'état imparfait de son organe pulmonaire. Nous rapporterons ailleurs les expériences qui ont été faites sur cet animal.

Voilà les faits et les conséquences que j'ai à présenter sur l'influence que les conditions physiques exercent sur la forme des jeunes batraciens.

Le dernier point de vue sous lequel j'aurais à les envisager a rapport à leur existence dans l'air; mais ce sujet étant intimement lié avec la vie des poissons dans l'air, j'en traiterai en même temps, et je passerai de suite aux expériences que j'ai faites sur cet ordre d'animaux vertébrés.

CHAPITRE II.

Poissons.

On a fait sur la physiologie des poissons des recherches plus exactes et plus multipliées que sur celle des autres animaux à sang froid. Nous devons principalement nos connaissances sur ce sujet à Spallanzani, à M. Sylvestre, et aux expériences de MM. de Humboldt et Provençal.

Mon sujet ne me conduit pas à rapporter ici les principaux résultats qu'ont obtenus ces savans. Je considère les poissons sous un autre point de vue, et seulement sous les rapports qu'ils peuvent avoir avec les phénomènes que nous ont déjà présentés les batraciens.

J'examinerai d'abord l'influence de la température.

§ Ier. *Influence de la température sur la vie des poissons dans l'eau privée d'air.*

Pour l'apprécier convenablement, il faut d'abord réduire les conditions de l'expérience à leur plus grande simplicité. C'est pourquoi je commencerai par rechercher l'effet de la température sur les poissons dans de l'eau privée d'air.

Les expériences comparatives ont été faites sur des individus de même espèce et aussi pareils que

je pouvais les choisir, à des températures de l'eau qui ont varié de 10 en 10 degrés, entre 0° et 40°.

Il en est résulté qu'à la limite supérieure, la mort a été aussi prompte que chez les batraciens, et que la durée de la vie a augmenté progressivement à mesure qu'on abaissait la température jusqu'à la limite inférieure (1).

On voit ici que l'effet de la température, abstraction faite des autres influences, est tout-à-fait analogue à ce que nous avons observé sur les batraciens ; que les limites de la plus courte et de la plus longue durée de la vie des batraciens et des poissons placés dans de l'eau privée d'air, sont les mêmes de part et d'autre; et que, dans le même intervalle de température de 0° à 40°, la durée de leur vie va en augmentant ou en diminuant suivant que la température s'abaisse ou s'élève entre ces extrêmes.

Quant aux différences que les poissons de même espèce présentent aux mêmes degrés de température entre ces limites, le volume a une influence marquée ; les plus petits ainsi que les plus jeunes sont ceux qui supportent le moins l'élévation de température.

Quelque grandes que soient les différences de la durée de la vie des petites espèces, à des températures basses, elles se confondent presque toutes

(1) *Voyez* tab. 18.

à 40° : ces poissons ne vivent guère que deux minutes; mais les grandes espèces dépassent ce terme, et peuvent vivre plusieurs minutes de plus (1).

§ II. *Influence de la température de l'eau aérée et des quantités limitées de ce liquide, dans des vases clos.*

Passons maintenant à l'influence que la température exerce sur la vie des poissons, dans de l'eau aérée, et voyons les modifications qui dépendent de l'action combinée de la température et de l'air dissous dans l'eau.

Pour déterminer les effets de l'action simultanée de ces deux causes sur les poissons, s'il faut s'en rapporter aux résultats généraux des expériences faites sur les batraciens, on dira d'abord que l'influence de l'air contenu dans l'eau sera modifiée par la température, de manière à en diminuer ou à en augmenter l'effet, suivant que la température sera plus ou moins élevée entre 0° et 40°.

Si maintenant, pour vérifier cette induction, on consulte l'expérience, elle se trouvera pleinement confirmée. En variant, dans une suite de recherches, la température et les quantités d'eau aérée, on trouve :

1°. Que la durée de la vie va en augmentant

---

(1) *Voyez* tab. 19 et 20.

lorsque, la température restant la même, on augmente la quantité d'eau aérée (1) ;

2°. Que le même résultat a lieu lorsque, la quantité d'eau restant la même, on abaisse la température (2) ;

3°. Que la durée de la vie des poissons est la même lorsque, dans de certaines limites, on augmente ou l'on diminue en même temps et la température et la quantité d'eau aérée.

Tels sont les résultats des expériences faites sur des quantités d'eau aérée dont la communication avec l'air extérieur était interceptée.

§ III. *Influence de la température et des quantités limitées d'eau aérée, en contact avec l'atmosphère.*

Lorsque l'eau aérée est en contact avec l'air extérieur les conditions changent, et leurs effets doivent être étudiés à part.

M. Sylvestre a prouvé qu'une quantité déterminée d'eau aérée dans laquelle un poisson est placé, absorbe de l'air en contact avec sa surface. Il suit évidemment de ce fait que le poisson vivra, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus longtemps dans une quantité déterminée d'eau aérée que l'absorption d'air suppléera davantage à la consommation que l'animal en fait dans l'eau.

(1) *Voyez* tab. 21.

(2) *Voyez* tab. 22.

Ajoutons à cela que l'animal, lorsqu'il est libre, peut puiser directement dans l'atmosphère de nouvelles quantités d'air suivant ses besoins.

Voyons maintenant l'influence de la température sur cette nouvelle condition. Prenons pour exemple une ablette (*cyprinus alburnus*) : si on la met dans un vase à large ouverture contenant deux décilitres d'eau aérée à 20° en été, elle périt dans quelques heures; mais lorsque la température baisse jusqu'à 10° ou 12°, et qu'elle s'est soutenue un certain nombre de jours à ce terme, l'animal y vit jusqu'à ce que les matières qu'elle excrète deviennent tellement abondantes qu'elles corrompent l'eau.

Pour remédier à cet inconvénient si l'on renouvelle l'eau seulement toutes les vingt-quatre heures, l'animal y vit presque indéfiniment.

C'est ce que nous avons vu relativement aux batraciens, qui vivent indéfiniment sous l'eau aérée et suffisamment renouvelée, entre 0° et 10° ou 12°, et qui périssent, pour la plupart, lorsqu'elle s'élève au-dessus de ce terme.

Examinons maintenant le résultat général de tous ces faits, malgré les différentes conditions où ces animaux sont placés.

C'est que, plus la température est élevée au-delà de certaines limites, plus il faudra que l'influence de l'air soit grande pour maintenir la vie de ces animaux. Cette influence de l'air, abstraction faite de toutes les autres causes, sera d'autant

plus marquée que ce fluide sera en plus grande proportion ; mais cette proportion a aussi ses limites, qui tiennent à l'organisation de l'animal.

§ IV. *Respiration dans l'air.*

Jusqu'ici nous n'avons considéré les poissons que sous le rapport de la respiration aquatique ; mais la respiration aérienne mérite une attention spéciale.

Lorsqu'un poisson, dans une quantité d'eau aérée, a réduit les proportions d'air au point d'y respirer difficilement, il vient à la surface et puise dans l'atmosphère, Pour faire voir que la respiration aérienne influe sur la vie des poissons, M. Sylvestre a placé un diaphragme à la surface de l'eau pour empêcher le poisson de prendre de l'air dans l'atmosphère. Il a observé que les poissons mouraient dans ce cas plus tôt que lorsqu'ils avaient accès à l'air extérieur.

Ce fait suffit pour prouver que les poissons peuvent respirer directement l'air de l'atmosphère, et que cette respiration peut servir à prolonger leur vie dans l'eau.

§ V. *Vie des poissons dans l'air.*

Nous touchons maintenant à l'examen d'une nouvelle condition relative à la vie de ces animaux ; je veux parler de leur existence dans l'atmosphère. C'est le point le plus obscur de la vie des poissons

relativement à l'influence des agens physiques. C'est aussi la condition où ils présentent des phénomènes qui ne paraissent nullement s'accorder avec ceux que nous offrent les autres animaux à respiration aérienne, du moins s'il faut s'en rapporter à un examen peu approfondi de ce sujet. En effet, lorsqu'on retire un poisson de l'eau, on le voit, suivant son espèce, mourir à l'air, dans quelques minutes ou dans quelques heures. Il n'est donc pas étonnant qu'on ait regardé les poissons comme incapables de vivre par la respiration aérienne, et qu'on ait attribué cet effet à la plus grande densité de l'atmosphère comparée à celle de l'air contenu dans l'eau. Nul doute que l'air plus ou moins dense n'agisse différemment sur les êtres animés. Il est vrai que la plupart des vertébrés périssent promptement par la transition inverse, en passant de l'atmosphère dans l'eau aérée; mais, dans ce cas, il est évident, sans qu'il faille entrer dans un examen anticipé de ce sujet, qu'ils y périssent parce qu'ils n'ont pas assez d'air, et il faudrait supposer que les poissons meurent dans l'atmosphère parce qu'ils en ont trop.

J'ai rapporté plus haut les preuves que nous devons à M. Sylvestre, de l'influence de la respiration aérienne pour prolonger la vie des poissons dans l'eau; je puis donc procéder à l'égard de ces animaux comme à l'égard des autres, pour déterminer les changemens qu'ils éprouvent par leur exposition à l'atmosphère.

J'ai pesé un meunier (*cyp. jeses*) et un goujon (*cyp. gobio*) après les avoir essuyés ; je les ai ensuite exposés à l'air ; leurs ouïes ont continué de battre jusqu'à la mort. On voyait la surface de leur corps se dessécher progressivement, et à l'époque de leur mort ils étaient roides et sensiblement desséchés. Je les pesai alors, et je trouvai qu'ils avaient perdu par la transpiration, environ dans le même rapport, l'un le $\frac{1}{15}$, et l'autre le $\frac{1}{14}$ de leur poids (1). Ce résultat est à-peu-près le terme moyen d'expériences faites sur d'autres espèces. Comme nous avons vu dans les recherches sur les batraciens l'influence que les pertes par la transpiration exerçaient sur la durée de la vie de ces animaux lorsqu'ils étaient exposés à l'air, nous en ferons l'application aux poissons.

Pour simplifier l'examen de ce sujet, nous considérerons ici, comme nous l'avons fait d'abord dans les recherches sur les batraciens, les pertes par la transpiration, comme se faisant uniquement aux dépens de l'eau contenue dans l'animal.

La capacité de saturation pour l'eau désigne la quantité de ce liquide qu'un animal peut contenir entre la plus grande réplétion, ou point de saturation, et la plus grande inanition, en comparant cette quantité au poids de son corps. Le moyen de le porter au point de saturation lors-

(1) *Voyez* tab. 23.

qu'il est capable d'absorber l'eau, est de le placer quelque temps dans ce liquide, jusqu'à ce que l'accroissement de poids soit parvenu à son maximum.

C'est précisément la condition dans laquelle se trouvent les poissons dans leur état habituel. En les retirant de l'eau où ils vivent, on doit les regarder comme saturés de ce liquide, pourvu qu'ils soient en état de l'absorber. C'est ce qu'on admettra facilement, et qui est vrai par le fait, comme je le ferai voir plus tard.

Or, nous prendrons pour mesure de leur capacité de saturation pour l'eau, ainsi que nous l'avons fait jusqu'à présent à l'égard des batraciens, la perte qu'ils éprouvent par la transpiration avant de mourir, et nous voyons qu'il suffit, pour déterminer la mort des poissons, qu'ils perdent le quinzième ou le quatorzième de leur poids.

Si cette perte paraît trop peu considérable pour qu'on y rapporte la mort de ces animaux, nous allons comparer ce résultat à ceux que nous avons obtenus dans nos recherches sur les batraciens. Je ne les ai pas exposés dans le chapitre précédent, afin d'en faire usage dans cette occasion.

Nous avons fait voir que le point de saturation pour l'eau, chez les batraciens, dépendait de l'état de leur nutrition, et qu'il pouvait varier dans des limites très-éloignées. Or, les pertes qu'ils subissent par la transpiration varient de même. Dans des conditions favorables de nutrition, leur capa-

cité de saturation peut égaler le tiers de leur poids ; mais, dans des conditions défavorables, elle devient si petite que la moindre perte appréciable suffit pour déterminer leur mort. En appliquant ces résultats aux poissons dont la capacité pour l'eau est petite relativement aux batraciens, on voit donc que la perte que subissent les poissons par évaporation suffit pour déterminer leur mort dans l'air.

Mais les phénomènes relatifs à ce sujet ne sont pas toujours d'une aussi grande simplicité ; ils peuvent être très-compliqués : on serait porté à croire que la respiration aérienne devrait soutenir la vie des poissons si on trouvait le moyen de conserver le même poids au corps. Voici comment on peut remplir la dernière condition. Ayant pesé un poisson, après l'avoir essuyé, je le suspendis dans une quantité déterminée d'eau aérée, de manière qu'il eût la tête et les ouïes hors de l'eau : il mourut 9 h. 21′ après. Je trouvai, en le pesant de nouveau, qu'il n'avait pas sensiblement diminué de poids, et qu'il y avait, au contraire, une légère augmentation. Ce résultat paraît indépendant de la cause que nous avons précédemment assignée à la mort des poissons dont tout le corps est exposé à l'action de l'atmosphère. Mais avant de rechercher l'influence d'une nouvelle cause qui s'ajouterait à la première, examinons plus attentivement le cas compliqué dans lequel les poissons se trouvent dans l'expérience que je viens de rapporter.

Le corps est plongé dans l'eau, mais la tête et les ouïes sont dehors. L'absorption, d'une part, a lieu dans l'eau, et la transpiration, de l'autre, dans l'air. L'absorption par le corps plongé dans l'eau est prouvée par le léger accroissement de poids qui a lieu pendant l'expérience, et la perte par la transpiration de la partie exposée à l'air est fondée sur les résultats des expériences précédentes. Ces deux actions opposées étant dûment constatées, il importe d'examiner ce qui résulte de leurs rapports. Or, il est évident que l'organe de la respiration qui est exposé à l'atmosphère ne saurait continuer ses fonctions, à moins que les pertes par la transpiration ne soient réparées. Il est vrai que le reste du corps absorbe et que, somme toute, il ne perd pas de son poids; mais cette condition n'est pas suffisante pour que la respiration continue, il faut aussi que la répartition du fluide absorbé par le tronc soit telle que les ouïes et les muscles qui les meuvent en reçoivent une proportion capable de réparer les pertes que ces organes éprouvent par la transpiration. Présumant que cet équilibre pouvait ne pas avoir lieu, je fis l'expérience suivante pour examiner les rapports des transpirations et des absorptions partielles et simultanées; je plaçai des poissons dans des conditions inverses, la tête et les ouïes dans l'eau aérée et en même quantité, et le tronc dans l'air, suspendus ainsi par un fil passé dans le bout de la queue. Ils vécurent ainsi plusieurs jours. Je les pesai après cet intervalle, et je

reconnus qu'il y avait également dans ce cas une légère augmentation de poids. Mais le déssèchement de la surface du tronc exposée à l'air était aussi marqué que dans le cas où ces animaux sont entièrement en rapport avec l'atmosphère, et qu'ils y meurent après une diminution notable de leur poids. Il est donc évident que le fluide absorbé par les ouïes n'a pas été réparti au reste du corps dans une proportion suffisante pour réparer dans toutes les parties du tronc les pertes qu'il avait éprouvées par la transpiration dans l'air.

Je n'ajouterai qu'un seul fait relatif aux conditions physiques des poissons dans l'air, dont la connaissance est indispensable pour apprécier les principales causes de leur mort dans l'atmosphère.

Il y a des individus qui, exposés à l'air, cessent bientôt de mouvoir leurs opercules quoiqu'ils continuent à vivre encore assez long-temps; mais ils meurent beaucoup plus tôt que ceux de la même espèce qui font battre leurs opercules jusqu'à la fin. Soupçonnant que cette différence dans la durée de la vie provenait de l'interception de l'air, j'y remédiai en soulevant les opercules au moyen d'une petite broche placée au-dessous. Les branchies étant ainsi exposées à l'air, ce changement de condition, relative à l'atmosphère, et qui consiste dans une espèce de respiration artificielle, suffit pour prolonger la vie en pareil cas aussi long-temps que chez les autres individus dont les

mouvemens respiratoires persistent naturellement (1). Ce procédé a une action si marquée que, lorsque leurs opercules cessent promptement de se mouvoir à l'air, et qu'on les a soulevés quelque temps par le moyen que je viens d'indiquer, si on les abandonne ensuite à eux-mêmes, ils continuent de battre pendant un certain temps : on peut reproduire cet effet à plusieurs reprises.

On voit donc que la vie des poissons dans l'atmosphère dépend de plusieurs conditions dont les principales sont : la température, la capacité de saturation pour l'eau, la perte correspondante par la transpiration du tronc et des ouïes, la vitesse de cette perte, l'action des muscles qui font mouvoir leurs opercules, et l'usage qu'ils en font pour profiter de l'action de l'air sur les branchies. Enfin ils rentrent ainsi dans la régle générale relative à l'influence de l'atmosphère sur la vie des animaux vertébrés (2).

Je me suis étendu sur ce point de la physiologie, à cause de l'importance du sujet. L'exception que cette classe des vertébrés paraissait offrir à l'action qu'exerce sur toutes les autres un des agens physiques qui influent le plus sur la vie, de-

---

(1) *Voyez* tab. 24.

(2) Ces causes n'en excluent pas d'autres ; mais comme celles-ci suffisent pour rendre raison de la plupart des phénomènes de la vie des poissons dans l'air, je bornerai là, pour le moment, mes recherches sur ce sujet.

vait m'arrêter jusqu'à ce que l'exception fût ou confirmée ou détruite.

Ce que je viens d'exposer relativement à la vie des poissons dans l'atmosphère, s'applique également aux têtards placés dans les mêmes conditions.

Ils meurent par la quantité d'eau qu'ils perdent par la transpiration, et quoique leur capacité de saturation soit au moins égale à celle des grenouilles, puisqu'elle varie entre le $\frac{1}{3}$ et le $\frac{1}{4}$ de leur poids, comme leur volume est très-petit, et que leur transpiration est rapide, à cause de la finesse de leur peau, ils ont bientôt perdu cette proportion d'eau, et, dans les expériences que j'ai consignées dans le tableau, on voit qu'ils n'ont vécu que quatre heures (1).

Je puis maintenant passer aux autres animaux à sang froid, qui, présentant moins de difficultés parce qu'ils offrent moins d'exceptions apparentes, me permettront par cela même d'en traiter brièvement.

---

(1) *Voyez* tab 25.

CHAPITRE III.

Lézards, Couleuvres et Tortues.

Ayant exposé dans mes recherches sur les batraciens toutes les précautions que j'avais prises pour m'assurer de l'exactitude des résultats, la répétition de détails analogues serait non-seulement superflue, mais fastidieuse. C'est pourquoi je me bornerai à donner le résultat de mes recherches sur les autres familles, sans entrer dans aucune explication des procédés nécessaires pour les constater, puisqu'ils sont à-peu-près les mêmes que ceux que j'ai précédemment exposés. Je dirai seulement, en peu de mots, ce qu'ils ont de commun dans leurs rapports avec les agens physiques, en les comparant toujours à la première famille, et en ajoutant les modifications qu'ils présentent entr'eux, ainsi que la cause physique de ces différences.

Les animaux à sang froid qu'il me reste à examiner sont les familles des lézards, des serpens et des tortues, ou, en d'autres termes, les sauriens, les ophidiens et les chéloniens. Les espèces sur lesquelles j'ai expérimenté sont le lézard gris, la couleuvre à collier, et, parmi les tortues, l'émide à queue de rat et la tortue bourbeuse, espèces qui m'ont servi de types pour ces différentes familles.

L'enveloppe extérieure de tous ces animaux à sang froid, comme celle des batraciens, reçoit une influence vivifiante du contact de l'atmosphère, et concourt ainsi avec la respiration pulmonaire à soutenir leur existence dans leurs rapports avec l'air.

L'influence isolée de la respiration pulmonaire dans les lézards, les serpens et les tortues, présente les mêmes différences que chez les batraciens, c'est-à-dire, qu'en été elle est suffisante chez les uns et insuffisante chez les autres pour entretenir la vie dans les rapports de cet organe avec l'atmosphère.

Les familles auxquelles la respiration pulmonaire est, en général, suffisante, sont les serpens et les tortues. Dans les lézards, au contraire, elle ne suffit pas en été pour entretenir la vie.

J'ai fait sur ces animaux les mêmes expériences que sur les rainettes et les crapauds accoucheurs, et elles m'ont donné le même résultat : seulement il est beaucoup plus remarquable en ce que leur peau est écailleuse, ce qui n'aurait nullement fait présumer que l'action de l'air sur cet organe fût si nécessaire à l'entretien de leur vie.

Si l'on cherche la cause générale de ces différences dans les batraciens et les autres reptiles, on la trouve dans la proportion différente des poumons. J'ai fait voir qu'entre les espèces qui ont été soumises à ce genre d'expériences, celles à qui la respiration pulmonaire suffit étaient la gre

nouille et le crapaud brun et celui de Rœsel; ces espèces sont précisément celles qui ont les poumons proportionnellement plus grands. Or, comme j'ai démontré par des expériences multipliées que la seule respiration pulmonaire était à peine suffisante en été pour entretenir la vie de ces animaux et qu'il ne fallait que de légères entraves pour déterminer la mort, il s'ensuit qu'une diminution de l'étendue des poumons chez les autres espèces doit produire le même effet lorsqu'elles sont bornées à la respiration pulmonaire.

On voit le même rapport donner lieu au même résultat chez les autres reptiles. Les tortues et les serpens sont dans le même cas que la grenouille et le crapaud commun; la seule respiration pulmonaire paraît leur suffire; mais les lézards, en été, meurent en quelques heures si on les réduit à la seule respiration pulmonaire, en supprimant l'action vivifiante de l'atmosphère sur la peau. Une différence marquée existe dans l'étendue proportionnelle de leurs poumons et celle des serpens et des tortues.

Voilà les résultats communs à tous les animaux à sang froid relativement à l'action de l'atmosphère considérée d'une manière générale.

Quant aux modifications de l'action vivifiante de l'atmosphère sur la surface extérieure du corps, elles se réduisent toutes, en embrassant le phénomène dans sa généralité, à des conditions physiques dépendantes de l'enveloppe extérieure.

Comme il en est de même de l'influence des agens physiques que nous avons examinés relativement à la transpiration, nous considérerons l'influence des enveloppes sous ces deux rapports.

Elle dépend de leur porosité et de leur épaisseur. Examinons d'abord l'action vivifiante de l'atmosphère en rapport avec ces deux conditions. Nous avons vu que les batraciens peuvent vivre dans des enveloppes solides qui les enferment de toutes parts, pourvu qu'elles soient assez poreuses pour admettre l'air en quantité suffisante. J'ai fait voir alors que ces animaux avaient vécu longtemps dans du plâtre exposé à l'air, malgré l'épaisseur de l'enveloppe. En poursuivant mes recherches à cet égard, j'ai constaté depuis que la quantité d'air qu'ils reçoivent à travers cette enveloppe ne suffit à entretenir la vie que dans certaines conditions. Il est évident qu'à travers ces enveloppes la proportion d'air qu'ils reçoivent, dans un temps donné, est moindre que lorsqu'ils ont la peau nue. C'est pourquoi ils ne sauraient vivre avec une enveloppe solide sous l'eau aérée courante, quoiqu'ils y vivent très-bien sans cette enveloppe. De même les lézards, les serpens et les tortues n'ont pu vivre sous l'eau aérée courante dans les expériences que j'ai faites à ce sujet en raison de l'épaisseur de leur enveloppe naturelle.

La même cause influe également sur la transpiration. Nous avons vu dans le premier chapitre

que les animaux recouverts d'une enveloppe solide, exposés à l'air, transpiraient beaucoup moins que lorsqu'ils y étaient exposés la peau nue. Il en est de même des lézards, des serpens et des tortues, dont la transpiration est beaucoup moindre que chez les batraciens à peau nue, à cause des écailles plus ou moins épaisses dont ils sont revêtus (1).

De ces différences dépendantes des enveloppes naissent celles qui sont relatives à la différente durée de leur vie lorsqu'ils sont privés d'alimens. Cette durée respective de l'existence dépend de la vitesse ou de la lenteur de la transpiration dans ces animaux. C'est une conséquence des expériences nombreuses et variées que j'ai faites sur la durée de la vie des batraciens, dans des conditions diverses de transpiration, parmi lesquelles l'influence des enveloppes solides est la plus marquée.

Quant à la température, elle exerce sur la durée de la vie des lézards, des serpens et des tortues une influence analogue aux effets que j'ai rapportés en parlant des batraciens et des poissons (2).

Je ne parlerai pas ici de l'influence des effets combinés de la température et des différentes proportions d'air. En traitant des animaux à sang chaud, j'envisagerai cette question d'une manière générale pour tout l'embranchement des vertébrés.

---

(1) *Voyez* tab. 26, 27, 28 et 29.

(2) *Voyez* tab. 30.

TROISIÈME PARTIE.

ANIMAUX A SANG CHAUD.

CHAPITRE PREMIER.

De la Chaleur des jeunes animaux.

C'est une opinion générale que la chaleur des jeunes animaux à sang chaud est un peu plus élevée que celle des adultes. Ce n'est pas, il est vrai, le résultat d'une observation directe, mais une conclusion tirée de plusieurs faits bien connus qui paraissent la justifier. En effet, la circulation chez eux est plus rapide, la nutrition plus active, et les rapports qu'on observe entre ces phénomènes et la chaleur animale ont fait penser qu'elle était plus élevée chez les jeunes sujets.

Mais, comme cette opinion n'est pas fondée sur des observations directes, j'ai cru devoir m'en occuper d'abord en commençant mes recherches sur la chaleur animale.

Je me suis servi d'un thermomètre centigrade à petit réservoir, et j'ai déterminé la température en le plaçant sous l'aisselle de l'animal, et en appliquant le membre sur le bulbe, de manière à

ce qu'il fût de toutes parts en contact avec l'animal.

J'ai pris ainsi la température de petits chiens nouveau nés, qui étaient à la mamelle. Je l'ai trouvée à-peu-près égale à celle de leur mère, ou inférieure d'un ou deux degrés; mais comme cette différence n'est peut-être pas constante, et que les adultes en présentent de semblables entre eux, on peut la négliger, et conclure de cette observation que la température des jeunes animaux n'est pas supérieure à celle des adultes. Voilà ce qu'on observe lorsque l'animal nouveau né est placé près de sa mère; mais en changeant les conditions, on obtient des résultats bien différens.

Si, à une température de l'air de 10° à 20°, on éloigne un chien nouveau né de sa mère, et qu'on le tienne isolé pendant une heure ou deux, on remarque que sa température baisse considérablement; et cet abaissement continue encore jusqu'à ce qu'il s'arrête à un petit nombre de degrés au-dessus de la température extérieure.

Ce phénomène a lieu dans l'espace de trois ou quatre heures, quoiqu'on ait soin de ne prendre ces jeunes animaux, pour les isoler, que lorsqu'ils sont dans toute leur vigueur, après avoir pris une nourriture suffisante, et que leur température ne diffère guère de celle de la mère.

Ce n'est pas le défaut de nourriture, dans un si court espace de temps, qui produit cet effet : quand même il en dépendrait, il n'en serait pas

moins remarquable par la différence qui existe sous ce rapport entre les jeunes animaux et les adultes. Mais l'abaissement commence aussitôt que ces petits animaux sont éloignés de leur mère, et non-seulement cinq minutes suffisent pour le rendre évident; mais il a lieu, dans le même intervalle, pendant tout le temps du refroidissement, seulement dans des proportions variables. On peut d'ailleurs s'assurer par une expérience directe que le défaut de nourriture, dans ce court espace de temps, ne règle pas ce phénomène; car en donnant de temps en temps du lait au jeune animal, pendant qu'il est isolé de sa mère, sa température n'en baisse pas moins (1).

Ce phénomène ne se borne pas aux petits chiens, il s'observe encore sur les chats et les lapins nouveau nés (2). Quelle qu'en soit la cause, il est évident qu'ils présentent le phénomène principal qui caractérise les animaux à sang froid; celui d'éprouver des variations de température correspondantes à celles de l'atmosphère, et de n'en différer que d'un petit nombre de degrés.

On peut supposer que la production de la chaleur est la même chez ces jeunes animaux et chez les adultes; mais que les conditions de refroidissement dépendantes de l'enveloppe n'étant pas les mêmes dans les deux âges, il en résulte une tempé-

---

(1) *Voyez* tab. 31 et 32.

(2) *Voyez* tab. 33 et 34.

rature différente. Il est évident qu'une différence dans les enveloppes naturelles doit en produire une dans les quantités de chaleur perdues dans un temps donné, et que, par conséquent, la température de ces jeunes mammifères peut s'en ressentir. Le lapin, par exemple, naît la peau presque nue, aussi se refroidit-il plus vite que les chiens et les chats nouveau nés; mais ceux-ci naissent la peau bien garnie de poils, et la différence qu'ils présentent à cet égard avec les jeunes lapins est évidemment plus grande que celle qu'ils offrent sous ce rapport avec les adultes. C'est pourquoi cette condition n'influe que secondairement, et ne peut se faire sentir que par une moindre vitesse de refroidissement. Ils arrivent tous à-peu-près au même terme, malgré la différence de leurs tégumens, en y mettant plus ou moins de temps.

On peut d'ailleurs prouver directement que la différence de l'enveloppe n'est pas la cause principale de leur refroidissement. Il est facile, par le moyen d'une enveloppe artificielle, de compenser les avantages qu'ils retireraient d'une fourrure plus épaisse; on peut même par ce moyen mettre l'avantage du côté des jeunes animaux; mais ils ne se refroidissent pas moins au même terme: seulement leur refroidissement est plus lent.

Il faut donc admettre une autre cause de l'abaissement de leur température, qui ne peut consister que dans la production de moins de chaleur dans un temps donné.

Nous examinerons maintenant les changemens qu'éprouve la température de ces animaux suivant les progrès de leur âge. Dans les premiers temps, on observe peu de différence. Mais, ensuite leur refroidissement devient beaucoup plus lent, quoiqu'ils arrivent au même degré; enfin, leur température baisse de moins en moins, jusqu'à ce qu'elle se soutienne à-peu-près égale à celle des adultes, au-dessus d'une température extérieure moyenne. C'est ordinairement au bout de quinze jours que ce changement a lieu (1).

Ce changement remarquable qui s'opère chez les jeunes mammifères, sous le rapport de leur température, les fait passer de l'état d'animaux à sang froid à celui d'animaux à sang chaud.

On aurait tort de conclure de ces expériences que tous les mammifères nouveau nés présentent les mêmes phénomènes que ceux dont nous venons de parler. Si l'on prend la température de jeunes cochons d'Inde nés à une température de l'air égale à celle que nous venons d'indiquer (de 10° à 20°), on trouve qu'elle est à-peu-près égale à celle des adultes; et si on les tient isolés dans les mêmes circonstances, leur température ne baisse pas. Beaucoup d'autres animaux de cette classe sont dans le même cas. Ainsi les jeunes mammifères se divisent en deux groupes, sous le

(1) *Voyez* tab. 35 et 36.

rapport de la chaleur animale. Les uns naissent, pour ainsi dire, animaux à sang froid, les autres animaux à sang chaud.

Le caractère extérieur qui me paraît en rapport avec cette différence se tire de l'état des yeux : les uns naissent les yeux fermés, les autres les yeux ouverts. Mais cette différence relative à leur chaleur ne subsiste que peu de temps. Nous avons vu plus haut que la température des premiers s'élève successivement, et qu'au bout de quinze jours elle égale celle des adultes, ou n'en diffère que très-peu. Remarquons que c'est vers cette époque que leurs yeux s'ouvrent. Ainsi l'état de ces organes fournit des signes auxquels on peut distinguer, et la différence qui existe entre les mammifères nouveau nés, sous le rapport de leur chaleur, et les changemens qui surviennent à cet égard chez un grand nombre d'entre eux.

L'état des yeux n'a certainement aucun rapport direct avec la production de chaleur; mais il peut coïncider avec une structure intérieure qui influe sur cette fonction. Il est évident que les mammifères dont les yeux sont fermés à leur naissance sont aussi moins avancés à bien des égards; mais ils se développent rapidement, et ne tardent pas à se mettre au niveau des autres. A cette époque, tous les jeunes mammifères ont à-peu-près la même température que les adultes.

J'ai étendu ces recherches aux oiseaux, afin

d'apprécier l'influence de l'âge sur ce phénomène chez tous les animaux à sang chaud.

On sait que les oiseaux ont, en général, une chaleur plus élevée que les mammifères : on évalue cette différence à deux ou trois degrés de plus. Désirant savoir si elle était la même dans les premiers temps de la vie, je me procurai de jeunes oiseaux qui pouvaient avoir huit jours. Ils étaient bien nourris et rassemblés dans leur nid. Je les en tirai successivement, et pris de suite leur température. Elle était de 35° à 36°, ce qui est sensiblement au-dessous de celle des adultes. Je voulus m'assurer s'ils auraient la faculté de conserver leur température lorsqu'ils seraient isolés. Comme leur nid les abrite, et que leur réunion les échauffe mutuellement, je les séparai, en éloignant les corps qui pouvaient influer sur leur chaleur : celle de l'air était douce (17°). Cependant ces jeunes moineaux se refroidirent rapidement. Dans l'espace d'une heure, ils furent réduits de 36° à 19°. Ils perdirent donc 17° dans un espace de temps aussi court, et ce qui est digne d'attention, leur température n'était supérieure que de deux degrés à celle de l'air. Il n'est pas besoin d'ajouter qu'en continuant l'expérience ils ne dépassaient guère ce terme.

Je fis une autre série d'expériences lorsque l'air était à 22°. Malgré cette chaleur élevée, des moineaux de même âge que les précédens se refroidirent promptement, et cet abaissement fut tel

que leur température ne se soutint qu'à un degré au-dessus de celle de l'air (1).

On sait que ces oiseaux naissent sans plumes, et l'on pourrait attribuer à l'absence ou au peu de développement de celles-ci les phénomènes de refroidissement que nous venons d'exposer.

Les plumes doivent être considérées comme une enveloppe ; elles font l'office de nos vêtemens. L'enveloppe conserve, mais ne produit pas la chaleur. Le foyer en est dans l'intérieur de l'animal ; c'est là qu'elle se forme et se renouvelle. Les vêtemens naturels ou artificiels en retardent l'émission, et contribuent ainsi à maintenir la température du corps ; mais si la production de chaleur est faible, la température ne laissera pas que d'être basse malgré la présence de l'enveloppe. Or, s'il est vrai que les oiseaux sont de tous les animaux à sang chaud ceux qui produisent le plus de chaleur, la nudité de leur corps ne devrait pas les empêcher de soutenir leur température, surtout lorsque l'air extérieur est chaud, puisque l'homme et quelques mammifères qui ont la peau nue ont cette faculté. Nous pouvons donc présumer que les jeunes oiseaux qui se refroidissent à l'air ne produisent pas autant de chaleur que les adultes. Ce raisonnement, quelque probable qu'il soit, ne suffit pas dans une question

(1) *Voyez* tab. 37.

de cette nature. Le fait est trop important pour qu'on ne cherche pas à le vérifier par des recherches directes.

Je dépouillai un moineau adulte de ses plumes, en les coupant de manière à le dénuder entièrement : j'exposai en même temps à l'air, qui était à 18°, de jeunes oiseaux de même espèce, que j'avais tirés de leur nid, où ils avaient une chaleur convenable, et qui étaient en partie garantis par des plumes. Cet abri leur donnait l'avantage, et les mettait dans une condition plus favorable pour les soustraire à l'action de l'air. Cependant ils se refroidirent, comme dans les expériences précédentes, au point de ne différer que d'un ou deux degrés de l'air extérieur, tandis que le moineau adulte, qui était tout-à-fait nu, conserva la température qu'il avait avant l'expérience, et ne paraissait nullement souffrir de sa nudité. Sans aucune enveloppe qui le garantît, il ne laissa pas de soutenir sa température à 20° au-dessus de celle de l'air, sans mouvemens, sans efforts, sa source intérieure de chaleur étant assez abondante pour compenser ses pertes. Il faut donc, au contraire, qu'elle soit très-faible chez les jeunes oiseaux, puisqu'ils subissent un refroidissement si considérable, malgré le secours de leurs plumes et la température élevée de l'air.

Pour ne rien omettre qui puisse laisser des doutes sur la justesse de cette conclusion, il faut tenir compte de l'influence du volume sur le ré-

Ici commence une nouvelle époque qui les élève dans l'échelle des êtres : dans l'âge qui la précède ils sont asservis à la température extérieure, et d'autant plus qu'ils sont plus rapprochés de l'époque de leur naissance.

Ce premier âge, où ils sont comparables aux animaux à sang froid, s'écoule rapidement; il ne dure guère que trois semaines ou un mois. Dans ce court espace de temps tout l'être s'est développé, et si les changemens extérieurs sont visibles, il s'en est opéré d'intimes qui sont bien plus importans, puisque de ceux-ci dépendent la formation et le renouvellement de la chaleur.

Ces phénomènes, que j'ai constatés par les expériences et les observations précédentes, ne sont pas communs à tous les jeunes oiseaux. Tous ne naissent pas dans cet état où ils se refroidissent si facilement. Il en est qui éclosent avec la faculté de conserver une température élevée, lorsqu'ils sont exposés à l'air dans une saison favorable. Ils naissent à l'époque qui caractérise le second âge des autres oiseaux. Ils ont franchi le premier avant de naître, et viennent au monde dans un état plus avancé. Au sortir de l'œuf, ils sont dans la condition où les autres n'arrivent que plus tard. A peine éclos, ils peuvent manger et courir. C'est enfin vers l'époque où les autres oiseaux acquièrent cette faculté après leur naissance qu'ils développent la même chaleur.

Cependant ceux qui marchent en naissant n'ont

pas leur plumage; ils ne sont revêtus que de duvet qui, à la vérité, est épais, mais qui ne doit pas les garantir comme les plumes bien fournies qui les couvrent dans un âge plus avancé. Ils ne laissent pas néanmoins d'avoir une haute température, nouvelle preuve, s'il fallait de nouvelles confirmations, que la différence de chaleur que nous avons observée dans le premier âge ne tient pas essentiellement à ces enveloppes.

Nous avons vu que les mammifères qui naissent les yeux fermés et les oiseaux qui éclosent sans plumes, produisent si peu de chaleur qu'ils se comportent à l'air comme des animaux à sang froid. Nous avons suivi les changemens qu'ils subissent à cet égard avec les progrès de l'âge, et nous avons fait connaître l'époque où ils acquièrent la faculté de soutenir une température élevée, lorsqu'ils sont exposés sans abri à l'action de l'air. Examinons maintenant les circonstances où ils jouissent de cette faculté. Ils naissent ordinairement en été, et lorsqu'ils sont en état de ne pas subir de réfroidissement à l'air, ils y trouvent une douce chaleur. Cette condition leur est favorable; mais si elle venait à changer, trouveraient-ils assez de ressources en eux-mêmes pour résister au froid comme les adultes? Pour ne pas compliquer la question, nous supposerons le froid modéré et de peu de durée, et, s'il est possible, toutes les conditions égales, excepté l'âge: les jeunes animaux conserveront-ils leur température de même que les

adultes? C'est ce qui aurait lieu s'ils produisaient autant de chaleur; car les pertes étant les mêmes, ils auraient la même faculté de les réparer. On peut les mettre à l'épreuve en exposant les uns et les autres à un froid artificiel. Dans cette vue, je me procurai, au printemps, une température d'hiver, en plongeant des vases dans un mélange de sel et de glace. Ils étaient semblables en tout point : l'air s'y refroidissait et se maintenait à +4°. Je choisis de jeunes oiseaux dont la température paraissait fixe. Dans une atmosphère artificiellement refroidie, comme je viens de l'exposer, je plaçai de jeunes pies et les y laissai un court espace de temps. Après 20 minutes l'une d'elles avait baissé de 14°. J'examinai les autres à différens intervalles, dont le plus grand n'excédait pas une heure dix minutes : elles s'étaient refroidies de 14° et 16°; refroidissement considérable et rapide, et que ces animaux ne pourraient guère dépasser sans mourir.

Comparons maintenant à ces jeunes oiseaux un adulte de même espèce, et placé dans les mêmes circonstances : il ne s'est refroidi que de 3°, différence légère, qui n'est pas incompatible avec l'état de santé.

Quelles sont les causes qui influent sur cette inégalité de refroidissement? Elles ne peuvent se rapporter qu'aux animaux, puisque les conditions extérieures sont les mêmes. La grandeur et le plumage diffèrent peu; car, ainsi que je l'ai dit,

de cette nature. Le fait est trop important pour qu'on ne cherche pas à le vérifier par des recherches directes.

Je dépouillai un moineau adulte de ses plumes, en les coupant de manière à le dénuder entièrement : j'exposai en même temps à l'air, qui était à 18°, de jeunes oiseaux de même espèce, que j'avais tirés de leur nid, où ils avaient une chaleur convenable, et qui étaient en partie garantis par des plumes. Cet abri leur donnait l'avantage, et les mettait dans une condition plus favorable pour les soustraire à l'action de l'air. Cependant ils se refroidirent, comme dans les expériences précédentes, au point de ne différer que d'un ou deux degrés de l'air extérieur, tandis que le moineau adulte, qui était tout-à-fait nu, conserva la température qu'il avait avant l'expérience, et ne paraissait nullement souffrir de sa nudité. Sans aucune enveloppe qui le garantît, il ne laissa pas de soutenir sa température à 20° au-dessus de celle de l'air, sans mouvemens, sans efforts, sa source intérieure de chaleur étant assez abondante pour compenser ses pertes. Il faut donc, au contraire, qu'elle soit très-faible chez les jeunes oiseaux, puisqu'ils subissent un refroidissement si considérable, malgré le secours de leurs plumes et la température élevée de l'air.

Pour ne rien omettre qui puisse laisser des doutes sur la justesse de cette conclusion, il faut tenir compte de l'influence du volume sur le ré-

froidissement. La petitesse des jeunes oiseaux peut certainement y influer.

Il est évident qu'un corps de petit volume se refroidit, toutes choses égales d'ailleurs, plus promptement qu'un autre de plus grandes dimensions : s'il est dans le cas de produire de la chaleur, et qu'il en développe en quantité suffisante, il réparera ses pertes, et conservera sa température, quel que soit son volume. C'est précisément le caractère distinctif des animaux à sang chaud adultes. Leurs dimensions sont infiniment variées : cependant leur température est semblable. Les plus grandes disproportions de volume n'affectent pas le degré de leur chaleur. Un roitelet la conserve de même que l'aigle, lorsque la température extérieure n'est pas extrême. On ne peut donc attribuer à la petitesse de ces jeunes oiseaux le refroidissement qu'ils ont subi à une chaleur douce de l'air, mais au peu de chaleur qu'ils produisent. Je m'en suis d'ailleurs assuré en comparant entr'eux de jeunes oiseaux qui diffèrent beaucoup de grandeur. Des éperviers déjà couverts d'un duvet épais et presqu'aussi gros que des pigeons, dans un air à 17°, subirent un abaissement de 14° ou 15°. Ils ne diffèrent guère des jeunes moineaux et des hirondelles placés dans les mêmes circonstances que par un refroidissement un peu moins rapide (1). Tout concourt donc à prou-

---

(1) *Voyez* tab. 38.

de cette nature. Le fait est trop important pour qu'on ne cherche pas à le vérifier par des recherches directes.

Je dépouillai un moineau adulte de ses plumes, en les coupant de manière à le dénuder entièrement : j'exposai en même temps à l'air, qui était à 18°, de jeunes oiseaux de même espèce, que j'avais tirés de leur nid, où ils avaient une chaleur convenable, et qui étaient en partie garantis par des plumes. Cet abri leur donnait l'avantage, et les mettait dans une condition plus favorable pour les soustraire à l'action de l'air. Cependant ils se refroidirent, comme dans les expériences précédentes, au point de ne différer que d'un ou deux degrés de l'air extérieur, tandis que le moineau adulte, qui était tout-à-fait nu, conserva la température qu'il avait avant l'expérience, et ne paraissait nullement souffrir de sa nudité. Sans aucune enveloppe qui le garantît, il ne laissa pas de soutenir sa température à 20° au-dessus de celle de l'air, sans mouvemens, sans efforts, sa source intérieure de chaleur étant assez abondante pour compenser ses pertes. Il faut donc, au contraire, qu'elle soit très-faible chez les jeunes oiseaux, puisqu'ils subissent un refroidissement si considérable, malgré le secours de leurs plumes et la température élevée de l'air.

Pour ne rien omettre qui puisse laisser des doutes sur la justesse de cette conclusion, il faut tenir compte de l'influence du volume sur le ré-

jours après, ils se refroidissaient beaucoup moins, lorsqu'on les exposait au même degré de froid. Cependant on ne reconnaît guère de différence à l'extérieur : nouvelle preuve que l'inégalité de refroidissement, à différentes époques de la jeunesse, dépend principalement de la différence dans la production de chaleur.

Cette influence de l'âge ne se borne pas aux oiseaux, je l'ai constatée sur des mammifères. De jeunes cochons d'Inde sont, à leur naissance, en état de marcher, de courir et de prendre la même nourriture que leur mère. Ils n'ont pas besoin d'être réchauffés par elle, et paraissent avoir une température également stable lorsque la saison n'est pas rigoureuse; mais ils n'ont pas la même faculté de la soutenir lorsqu'on les expose au froid. Je me suis assuré, par les mêmes moyens que j'ai employés pour les oiseaux, que cette différence tenait également à une plus faible production de chaleur (1).

En prenant donc une vue générale de toutes ces expériences sur les animaux à sang chaud, nous arrivons à cette conclusion, que leur faculté de produire de la chaleur est à son minimum à l'époque de leur naissance, et qu'elle s'accroît successivement jusqu'à l'âge adulte.

(1) *Voyez* tab. 43.

CHAPITRE II.

De la Chaleur chez les Adultes.

Tandis que presque tous les animaux à sang chaud adultes conservent une température élevée dans toutes les saisons, un petit nombre d'entr'eux subissent un refroidissement considérable en automne et en hiver, tombent dans l'engourdissement, et demeurent dans cet état jusqu'au retour du printemps. On les a appelés animaux *hibernans*. Les espèces qui, de l'aveu de tous les naturalistes, méritent cette dénomination sont, dans ce climat, les chauves-souris, le hérisson, le loir, le lérot, le muscardin et la marmotte. Nous parlerons ailleurs des autres espèces, qui, suivant l'opinion de quelques savans, doivent être rangées dans la même catégorie.

Les animaux que je viens de nommer sont des mammifères; ils ont tous les caractères d'organisation qui distinguent cette classe. Ils appartiennent à des genres et à des familles différentes, et l'on ne voit rien de particulier dans leur structure qui en fasse un groupe à part. A les voir, dans la belle saison, rien ne ferait présumer qu'à une autre époque ils seraient si différens d'eux-mêmes et des autres animaux de

leur classe; mais quand on les observe plus tard, dans leur hibernation, leur température est très-basse, et souvent à peine supérieure à celle de l'atmosphère. Ils semblent alors avoir changé de nature; ils paraissent avoir subi une métamorphose qui, d'animaux à sang chaud, les a convertis en animaux à sang froid. Ils en ont, en effet, plusieurs caractères; ils sont engourdis comme des reptiles; leurs mouvemens respiratoires sont irréguliers, faibles et long-temps suspendus, et ce qu'il y a de très-remarquable, cet état persiste plusieurs mois, pendant lesquels ils peuvent se passer de toute nourriture. On ne saurait guère imaginer deux modes d'existence plus opposés.

Ces effets proviennent-ils d'une modification de structure qui change leur manière de vivre, comme quelques-uns l'ont pensé? Ou, conservant la même organisation dans le cours des saisons, présentent-ils des phénomènes différens, parce que leur tempérament est asservi aux variations de l'atmosphère?

Si l'on réfléchit que c'est seulement lorsque la température baisse en automne qu'ils se retirent dans des cavités, où on les trouve ensuite froids et engourdis, on peut présumer que c'est l'action de cette cause qui produit cet effet; et, d'après tout ce que nous avons rapporté précédemment de l'influence de la température extérieure sur les jeunes animaux à sang chaud, nous n'aurons pas de peine à le concevoir. Si l'on suppose qu'en été

et au printemps les mammifères hibernans produisent beaucoup moins de chaleur que les autres animaux à sang chaud adultes, c'est une conséquence nécessaire que leur température doit baisser avec celle de la saison. Mais on peut l'attribuer à une toute autre cause, en faisant une supposition tout aussi probable. Lorsqu'on se borne au simple raisonnement, on peut croire que c'est le défaut de nourriture qui produit tous ces effets; que, ne pouvant pas s'en procurer dans la saison froide, le jeûne qu'ils subissent les met dans un état de langueur voisin de la mort, et que leur refroidissement, leur insensibilité, leur respiration interrompue et à peine perceptible en sont les conséquences.

L'observation et l'expérience pouvaient seules en décider. Ces animaux ont été l'objet de nombreux et d'importans travaux. Ils ont été principalement étudiés dans la saison de leur hibernation. On a déterminé les phénomènes qu'ils présentent pendant leur engourdissement, les moyens de les rappeler à une vie active, et de les replonger dans la torpeur, et plusieurs autres faits que nous devons à Spallanzani, Hunter et à MM. Mangili, Prunelle et de Saissy, etc. Dans le nombre des phénomènes singuliers que présentent les mammifères hibernans, nous ne devons nous attacher ici qu'à ceux qui concernent leur chaleur, puisque c'est le sujet qui nous occupe. Ils offrent d'ailleurs d'autant plus d'intérêt qu'ils paraissent influer sur tous les autres.

Buffon avait cru que la température propre des mammifères hibernans était de 10° R. ; ce qui équivaut à 12°,5 du thermomètre centigrade ; mais les savans que je viens de citer ont constaté qu'elle était de 35 à 37° au printemps et en été. Ils ne diffèrent donc pas essentiellement, sous ce rapport, des autres mammifères adultes ; mais si l'on veut savoir si, malgré cette parité de température, ils produisent réellement moins de chaleur à cette époque, voyons comment ils se comportent sous l'influence d'un refroidissement naturel ou artificiel de l'air.

M. de Saissy a observé plusieurs de ces animaux, pendant leur état de veille, à différentes époques depuis le mois d'août. Le 6 août, l'air était à 22° cent. ; une marmotte en avait 36°,5, à l'aisselle. Le 25 septembre, la température de l'air était de 18° ; l'animal avait subi un refroidissement de 5°,25. Le 10 novembre, l'air était à 7°, et la marmotte n'avait plus que 27°,25, c'est-à-dire 9°,25 au-dessous de sa température au mois d'août. Un lérot, à la même époque en été, et dans les mêmes circonstances extérieures, avait 36°,5 ; le 25 septembre, il s'était refroidi de 5°,5 ; le 10 novembre de 15°,5 ; de manière que sa température était descendue alors à 21°.

Un hérisson, observé comparativement avec les autres, s'était refroidi de 2° au mois de septembre et de 21°,25 en novembre : sa température était alors à 13°,75.

L'auteur de ces observations n'a pas rapporté si, pendant que ces animaux se refroidissaient, ils prenaient habituellement de la nourriture, circonstance qu'il nous importerait de connaître pour juger de la cause de leur refroidissement; car la question que nous examinons ici est de savoir quels seraient les effets du froid sur la température des animaux hibernans, vivant de la même manière que les autres mammifères, lorsqu'ils sont sortis depuis long-temps de leur torpeur, lorsqu'une chaleur douce et soutenue, l'habitude du mouvement et de la nourriture ont concouru pour développer toute leur activité.

M. de Saissy a réussi à engourdir une marmotte au mois de mai et au mois de juin. Il l'avait enfermée, avec un peu de paille, dans une boîte de cuivre dont le couvercle était percé d'une ouverture du diamètre d'un centime. Après l'avoir laissée dans une glacière pendant vingt-quatre heures, il l'exposa à un froid de 10° au-dessous de zéro. Elle s'engourdit profondément onze heures après; sa température était descendue à 5° de 35° qu'elle était avant l'expérience.

Quoique cette marmotte fût plongée dans un sommeil léthargique, dans une saison où elle ne s'engourdit pas naturellement, et par un froid artificiel très-rigoureux, sa santé ne parut pas plus altérée que si elle s'était trouvée dans les circonstances ordinaires de l'hibernation; car, exposée ensuite à la chaleur de l'atmosphère, elle sortit de

sa torpeur, et reprit l'activité qu'elle avait auparavant.

Ce résultat est d'un grand intérêt dans l'histoire des animaux hibernans. Il fait voir qu'ils sont susceptibles d'éprouver un abaissement considérable de température, et de s'engourdir dans toutes les saisons par d'autres causes que par le défaut de nourriture. Une autre conséquence en découle, c'est qu'il ne faut pas attribuer à un changement dans leur organisation, à la fin de l'été et au commencement de l'automne, les phénomènes qu'ils présentent pendant l'hibernation. Ils sont en état de les offrir en tous temps, et quand même on reconnaîtrait une modification de structure à l'époque ordinaire de leur assoupissement, elle ne saurait avoir qu'un effet secondaire.

Ce fait établi, il s'agit de comparer les mammifères hibernans à ceux qui ne le sont pas, sous le rapport de l'influence respective de la température extérieure sur celle de leur corps, au printemps et en été, lorsque les uns et les autres jouissent de toute la plénitude de la vie.

Rappelons-nous les circonstances principales de l'expérience précédente dans laquelle la température d'une marmotte a été réduite à 5°. Elle avait été d'abord dans une glacière pendant vingt-neuf heures, puis exposée pendant onze heures à un froid artificiel de 10° au-dessous de zéro. Or, ce froid est assez rigoureux et assez prolongé pour qu'on se demande si les mammifères non hibernans

ne se refroidiraient pas de même dans les conditions où elle a été placée, enfermée dans une boîte de cuivre dont le couvercle avait une très-petite ouverture qui pouvait gêner la respiration. On verra d'ailleurs, par l'observation suivante de l'auteur, que le froid n'était pas la seule cause influente. « La marmotte, dit M. de Saissy, que j'ai engourdie par deux fois différentes, ne l'a été, je crois, que parce que je me suis avisé, quand la respiration a été bien affaiblie, de boucher le trou du couvercle. Ce n'a été que de cette manière que je suis parvenu à l'engourdir; car toutes les tentatives que j'avais faites avant ont été vaines. »

Il y avait donc ici deux causes réunies, le froid extérieur et la gêne de la respiration, dont on ne saurait démêler les effets respectifs.

Ne voulant déterminer que l'influence de la première cause sur le refroidissement d'un animal hibernant, comparé à d'autres animaux à sang chaud placés dans les mêmes circonstances, je fis l'expérience suivante :

Au mois d'avril 1819, l'air étant à 16°, une chauve-souris adulte, de l'espèce nommée *oreillard*, avait une température de 34°. Elle était récemment prise et en bon état. Je la plaçai dans un vase de terre que je refroidis en l'entourant de glace pilée et d'un peu de sel. L'air y était à 1°. Un couvercle était placé de manière à établir une libre communication avec l'air extérieur. Après y avoir laissé la chauve-souris pendant une heure, sa tem

pérature était réduite à 14°. Elle s'était donc refroidie de 20° dans un si court espace de temps, sous la seule influence d'une température qui n'était pas au-dessous de zéro. Des cochons d'Inde, des oiseaux adultes, placés dans les mêmes circonstances, ne se sont refroidis que de deux ou trois degrés au plus; quoiqu'on ait continué l'influence du froid pour compenser les différences de volume.

Nous voyons par là que les chauves-souris produisent habituellement moins de chaleur que ces animaux à sang chaud, et que c'est principalement à cette cause qu'il faut attribuer l'abaissement de leur température pendant la saison froide. En comparant cette expérience sur la chauve-souris adulte avec celles que nous avons faites sur les jeunes animaux à sang chaud, on y aperçoit un rapport remarquable; ils ne produisent pas assez de chaleur pour soutenir une température élevée, lorsque l'air est à un degré voisin de zéro. Mais il y a cette différence, que c'est un état passager chez les jeunes animaux à sang chaud, et qu'il est permanent chez les chauves-souris.

Il est évident que les autres mammifères hibernans doivent participer plus ou moins de cette manière d'être. Les faits que j'ai exposés suffisent pour nous faire considérer ce groupe d'animaux sous le point de vue suivant; qu'au printemps et en été, dans leur état d'activité et de veille, lorsque leur température est assez élevée pour ne pas

différer essentiellement de celle qui caractérise les animaux à sang chaud, ils n'ont pas la faculté de produire autant de chaleur; et tout en admettant que d'autres causes peuvent influer sur leur refroidissement pendant leur hibernation, il faut cependant l'attribuer en grande partie à cette particularité de leur constitution.

CHAPITRE III.

De l'Influence des Saisons sur la production de la Chaleur.

Les différences dans les constitutions et les caractères auxquels on peut les reconnaître ont de tout temps exercé la sagacité des médecins. On voit des individus se ressembler sous tous les rapports principaux les plus apparens; les fonctions ont sensiblement le même rhythme; la santé paraît également parfaite; cet état dure pendant quelque temps; cependant, lorsque les conditions extérieures viennent à changer, et changent de même pour tous, les uns conservent le même état de bien-être, tandis que les autres languissent ou succombent. Le fait prouve qu'ils ont des constitutions différentes, mais comment le reconnaître avant l'événement, et en quoi consiste cette différence? On ne saurait trouver d'exemple plus frappant de constitutions diverses avec une organisation semblable que celui que nous venons d'indiquer entre les animaux à sang chaud. Nous avons vu que, dans la belle saison, les mammifères hibernans ne se distinguent en rien des autres animaux de leur classe : cependant lorsque la saison change, quel constraste dans les phénomènes qu'ils présentent!

Nous avons vu en quoi cette différence consiste; différence que nous ne saurions reconnaître par aucun signe extérieur, dans les circonstances ordinaires, mais que nous pouvons apprécier en changeant les conditions. Ils n'ont pas la faculté de produire autant de chaleur, quoiqu'ils aient la même température; et de là, ils sont susceptibles des modifications les plus étranges. S'il existait des différences dans cette faculté chez les autres animaux à sang chaud adultes, ne seraient-elles pas une source féconde de variétés dans les constitutions?

On sait depuis long-temps que les deux classes qui comprennent les animaux à sang chaud se distinguent par leur température, les oiseaux ayant, en général, trois ou quatre degrés de plus que les mammifères. On a pensé avec raison que cette supériorité de chaleur avait une influence sur leurs fonctions; mais lorsqu'on a comparé la température des animaux de même classe, on n'a su tirer aucun parti des observations thermométriques. Chez les uns, la différence était légère ou nulle, quoiqu'ils fussent de genres très-éloignés par leur organisation; chez d'autres, qui étaient d'espèces voisines, il y avait souvent des différences plus marquées; on observait aussi qu'il pouvait y en avoir d'aussi grandes chez des individus de même espèce. On ne voit donc pas à quoi peut servir la détermination des nuances dans la température des ani-

maux de même classe. Qu'importerait-il de savoir qu'un animal ait un ou deux degrés, ou quelques fractions de degré plus qu'un autre, s'il n'y a pas de rapport à saisir entre sa température et sa constitution? Aussi n'a-t-on pas poussé bien loin des recherches de cette nature, sans doute parce qu'elles ne paraissaient promettre aucun résultat utile. Il y a plus; ni les chaleurs de l'été ni les froids de l'hiver n'ont paru produire un effet sensible sur la température du corps; du moins on n'en a pas constaté, et, s'il en existe réellement, on peut présumer qu'il est très-léger, par cela même qu'il a échappé à l'observation. Même dans l'état de maladie, il arrive souvent qu'on ne reconnaît pas de modifications dans la chaleur, et dans les cas où l'on en observe, elle est ordinairement plus sensible au toucher qu'au thermomètre.

D'après tous ces faits, on voit qu'il n'y a pas de distinction importante à établir par la seule considération de la température habituelle du corps. C'est parce qu'on s'est arrêté à ce phénomène qui a paru si uniforme ou si peu varié, que nos connaissances sur la chaleur animale sont si bornées, et que les considérations qui y sont relatives occupent si peu de place dans les ouvrages de physiologie et de médecine.

L'observation de la nature, dans les circonstances ordinaires, ne suffit pas à notre instruction. Nous avons besoin de savoir, non-seulement ce qui est,

mais ce qui peut être. C'est pourquoi il faut avoir recours à l'art pour faire naître des faits qu'on attendrait long-temps des combinaisons du hasard, ou qui pourraient ne se présenter jamais. Nous nous sommes servis de ces moyens dans nos recherches sur la chaleur des jeunes animaux et des mammifères hibernans, et nous avons vu combien il serait illusoire de conclure de l'égalité de température chez les animaux une égalité de ressources pour la soutenir.

En envisageant ainsi la chaleur animale, on peut découvrir des différences de constitutions qu'il est essentiel de connaître. L'âge, dont nous avons examiné l'influence, n'est certainement pas la seule cause commune à tous les animaux à sang chaud qui modifie le développement de la chaleur. Parmi celles qui appartiennent spécialement à notre sujet, nous examinerons si les saisons ne produisent pas cet effet.

Nous avons dit que l'on n'avait pas remarqué de différences dans la température des animaux à sang chaud en été et en hiver. Mais comme il ne s'ensuit pas qu'ils ne puissent différer beaucoup à ces deux époques dans la quantité de chaleur qu'ils produisent, ou dans la faculté d'en développer, cette question mérite d'être approfondie.

J'ai été conduit à penser qu'il pourrait en être ainsi, en réfléchissant au changement remarquable que le cours de l'année amène dans la manière

d'être des animaux vertébrés à sang froid; changement qui ne résulte pas de l'effet immédiat de la température des diverses saisons, mais de l'action prolongée de la chaleur et du froid, qui a progressivement modifié leur constitution, au point qu'en été et en hiver, placés dans les mêmes circonstances, ils ont une vitalité si différente qu'on ne les prendrait pas pour les mêmes êtres, si l'on n'avait égard à leur forme et à leur structure. Il ne me semblait pas présumable que les autres classes des vertébrés, quoique plus élevées dans l'échelle des êtres, ne changeassent pas aussi de nature sous l'action prolongée de causes aussi puissantes.

Comme il n'existe pas de recherches sur ce sujet, je m'en suis occupé, et je m'y suis livré d'autant plus volontiers qu'il est évidemment lié avec celui de l'influence des climats.

Je me suis proposé d'examiner si, dans les saisons opposées de l'hiver et de l'été, les animaux à sang chaud non hibernans diffèrent dans leur faculté de produire de la chaleur. Pour en juger, je me suis fondé sur le même principe que dans les expériences précédentes, et j'ai suivi le même procédé.

Il s'agissait de déterminer, en plaçant des animaux de même espèce dans les mêmes conditions de refroidissement en hiver et en été, si leur température baisserait inégalement. Dans ce cas, il s'ensuivrait que leur faculté de produire de la cha-

leur ne serait pas la même à ces deux époques, en supposant que rien n'ait été négligé pour rendre les expériences comparatives.

Cette condition exige d'abord qu'on choisisse des animaux aussi semblables que possible, et que les expériences soient assez nombreuses pour que les différences individuelles n'influent pas essentiellement sur le résultat. Afin que le mode de refroidissement soit le même, il faut avoir égard, non-seulement à la température, mais à l'humidité de l'air, qui doit être la même dans les deux cas : car une différence dans l'état hygrométrique de l'air en produirait une dans l'évaporation qui se fait aux surfaces pulmonaire et cutanée, et, par conséquent, dans les quantités de chaleur enlevées.

L'appareil consistait dans des vases de verre de la capacité de cent dix-sept centilitres, placés dans un mélange réfrigérant de sel et de glace. L'air ainsi refroidi arrive bientôt à l'humidité extrême, effet que produit toujours un abaissement suffisant de la température. L'air étant à zéro, l'animal est introduit, et posé sur un diaphragme de gaze, pour lui éviter le contact du verre refroidi par la glace. Un couvercle chargé de glace est placé sur le vase, mais de manière à permettre le renouvellement de l'air pour le libre exercice de la respiration, et afin d'assurer davantage la pureté de l'air que la formation d'acide carbonique pourrait altérer, s'il ne se dissipait

pas assez promptement; une dissolution concentrée de potasse caustique capable de l'absorber occupe le fond du vase, et agit facilement à travers le tissu léger du diaphragme. Les détails numériques sont consignés dans les tableaux. Je dirai seulement les résultats généraux.

En hiver, au mois de février l'expérience fut faite en même temps sur cinq moineaux adultes. Au bout d'une heure, ils n'avaient subi, l'un dans l'autre, qu'un abaissement de 0°,4, ou moins d'un demi degré, les uns n'ayant rien perdu, les autres seulement 1°. Leur température resta ensuite stationnaire jusqu'à la fin de l'expérience, qui dura trois heures. Au mois de juillet je fis la même épreuve sur quatre animaux de cette espèce. Leur température, au bout de la première heure, avait subi un abaissement dont le terme moyen était de 3°,62; à la fin de la troisième heure le terme moyen de leur refroidissement était de 6° au-dessous de leur température primitive. Dans une autre série d'expériences faites au mois d'août suivant sur six individus de même espèce, le terme moyen de leur refroidissement, à la fin de la première heure, était de 1°,62, et après trois heures de 4°,87 (1).

Ces expériences font voir qu'il y a un changement considérable dans la constitution de ces animaux à sang chaud par l'influence des saisons;

(1) *Voyez* tab. 44, 45 et 46.

que l'élévation soutenue de la température diminue leur faculté de produire de la chaleur, et que l'état opposé de l'atmosphère l'augmente ; pourvu que le froid ne soit pas trop rigoureux ; car il est évident qu'il en résulterait un effet contraire. Je ne ferai pas ici d'autres observations sur ce fait dont on sentira assez l'importance ; nous y reviendrons lorsque nos recherches sur l'influence d'autres agens physiques nous fourniront l'occasion de vérifier ce résultat par d'autres méthodes.

CHAPITRE IV.

De l'Asphyxie.

Après avoir examiné quelques-uns des principaux rapports de la chaleur avec l'économie animale, nous passerons à un autre agent physique qui n'exerce pas une moindre influence sur la vie. Je veux parler de ce fluide transparent, invisible, élastique qui environne toute la surface de notre globe, dont il forme l'atmosphère.

Toutes les sciences exactes ont concouru pour en assigner les limites sensibles, en mesurer l'étendue, en évaluer le poids; pour apprécier la force de son ressort, le rapport suivant lequel il s'étend ou se resserre à différentes hauteurs; la vitesse de ses courans et de ses ondulations, et surtout pour distinguer dans ce monde invisible les élémens divers qui le composent et leur action réciproque.

Il semblerait que cette multitude de connaissances n'a pu être le fruit que d'une longue suite de siècles; l'antiquité cependant les ignorait presque toutes, et le plus grand nombre de ces faits n'a été recueilli que dans ces derniers temps.

Apprécier l'influence de l'atmosphère sur la vie

le lait où ils étaient plongés, et ils y demeurèrent pendant plus d'une demi-heure; après quoi, les ayant retirés les uns après les autres, je les trouvai tous trois vivans. Ils commencèrent à respirer et à rendre quelque humeur par la gueule; je les laissai respirer pendant une demi-heure, et ensuite on les replongea dans le lait, que l'on avait fait réchauffer pendant ce temps; je les y laissai pendant une seconde demi-heure, et les ayant ensuite retirés, il y en avait deux qui étaient vigoureux et qui ne paraissaient pas avoir souffert de la privation d'air; mais le troisième me paraissait être languissant. Je ne jugeai pas à propos de le replonger une seconde fois; je le fis porter à la mère : elle avait d'abord fait ces trois chiens dans l'eau, et ensuite elle en avait encore fait six autres. Ce petit chien, qui était né dans l'eau, qui d'abord avait passé plus d'une demi-heure dans le lait avant d'avoir respiré et encore une autre demi-heure après avoir respiré, n'en était pas fort incommodé; car il fut bientôt rétabli sous la mère, et il vécut comme les autres. Des six qui étaient nés dans l'air, j'en fis jeter quatre, de sorte qu'il n'en restait alors à la mère que deux de ces six, et celui qui était né dans l'eau. Je continuai ces épreuves sur les deux autres qui étaient dans le lait; je les laissai respirer une seconde fois pendant une heure environ; ensuite je les fis mettre de nouveau dans le lait chaud, où ils se trouvèrent plongés pour la troisième fois. Je ne

querraient, par l'habitude de suspendre leur respiration, la faculté de résister beaucoup plus longtemps à la privation d'air. Pour m'assurer du fait, j'ai submergé une poule d'eau : au bout d'environ trois minutes, elle n'avait plus ni sentiment ni mouvement. D'autres oiseaux, à la vérité, périssent plus tôt, d'autres peut-être survivront plus long-temps ; mais on voit par cet exemple combien l'habitude qui, en général, modifie si puissamment l'économie, la sert peu dans cette occasion.

L'espoir de modifier les animaux de manière à leur faire supporter beaucoup plus long-temps la privation d'air, conduisit Buffon à faire une découverte très-importante relativement aux jeunes animaux. Voici le fait tel qu'il le rapporte.

« J'avais pris la précaution de mettre une grosse chienne de l'espèce des plus grands lévriers dans un baquet rempli d'eau chaude ; et l'ayant attachée de façon que les parties de derrière trempaient dans l'eau, elle mit bas trois chiens dans cette eau, et ces petits animaux se trouvèrent, au sortir de leurs enveloppes, dans un liquide aussi chaud que celui d'où ils sortaient. On aida la mère dans l'accouchement ; on accommoda et on lava dans cette eau les petits chiens ; ensuite on les fit passer dans un plus petit baquet rempli de lait chaud, sans leur donner le temps de respirer. Je les fis mettre dans du lait au lieu de les laisser dans l'eau, afin qu'ils pussent prendre de la nourriture, s'ils en avaient besoin. On les retint dans

Il fit ces recherches principalement sur des lapins, et reconnut que, lorsqu'il les privait de la respiration en les plongeant sous l'eau, la durée moyenne de leur vie était de près d'une demi-heure, ou plus exactement de vingt-huit minutes. Cependant cette faculté de résister long-temps à la privation d'air diminue rapidement avec les progrès de l'âge. Legallois a observé qu'au bout des cinq premiers jours les jeunes lapins plongés sous l'eau ne vivent plus que seize minutes. Après le même espace de temps, ils sont réduits à cinq minutes et démie; et lorsqu'ils sont âgés de quinze jours, ils ont alors atteint la limite que les animaux à sang chaud adultes ne peuvent guère dépasser, lorsqu'ils sont soustraits à l'action de l'air.

D'après les résultats de ces expériences, on serait porté à croire que la durée de la vie des mammifères nouveau nés est d'environ une démi-heure : c'est l'impression qui reste après la lecture de l'ouvrage de Legallois; et cependant un fait qu'il y a consigné ne s'accorde pas avec cette mesure; il m'était échappé lorsque je répétai ces expériences sur différentes espèces de mammifères nouveau nés, et je fus fort surpris de voir que le cochon d'Inde à sa naissance, lorsqu'on l'asphyxiait dans l'eau, ne vivait que trois ou quatre minutes de plus que l'adulte; je voyais ici que l'âge n'avait qu'une faible influence sur la durée de l'asphyxie. Je trouvai d'autres espèces où sa durée

était aussi très-courte. Ces différences me paraissant un phénomène très-remarquable, je m'attachai particulièrement à en découvrir la raison (1).

Les recherches sur les animaux à sang froid m'avaient fait connaître la grande influence que la température exerce sur ce mode d'existence. Ayant ensuite reconnu que les animaux à sang chaud présentaient entre eux des différences marquées dans la production de la chaleur, j'ai pensé qu'il devait en résulter des modifications de leur économie, analogues à celles que la température extérieure produit sur les animaux à sang froid.

Comparons donc entre elles les espèces dont nous venons de parler, et nous verrons que ce rapport se vérifie. D'une part, les chiens, les chats et les lapins nouveau nés se comportent de la même manière dans l'asphyxie. Dans cet état, ils donnent tous des signes de vie pendant une demi-heure et quelquefois au-delà : or, ce sont précisément les espèces chez lesquelles nous avons observé une si faible production de chaleur. Nous avons remarqué précédemment qu'ils se rapprochaient à cet égard des reptiles et des poissons : nous voyons ici qu'ils leur ressemblent de même dans la faculté de soutenir long-temps la privation d'air, ce qui suppose une liaison intime entre ces deux phénomènes. D'autre part, les cochons

(1) *Voyez* tab. 47.

d'Inde sont dans la classe de ceux qui produisent le plus de chaleur à leur naissance : aussi n'en ai-je jamais vu qui vécussent plus de sept minutes en les plongeant sous l'eau, et souvent n'atteignent-ils pas cette limite.

Nous verrons mieux la connexion de la chaleur animale et de ce mode de vitalité en suivant les modifications de l'une et de l'autre dans les progrès du premier âge.

Nous avons vu, d'après le tableau de Legallois, qu'au bout du cinquième jour, la durée de l'asphyxie est réduite à moitié : or, cette réduction correspond à une élévation sensible de leur température. Il en est de même après le second intervalle de cinq jours ; la chaleur s'est beaucoup accrue, et la faculté de vivre sans respirer est considérablement diminuée. En dernier lieu, lorsqu'ils sont parvenus au quinzième jour, époque où ils ont ordinairement une température à-peu-près semblable à celle des adultes, ils diffèrent peu de ces derniers pour la durée de l'asphyxie.

Les petites différences qui subsistent alors ne méritent plus d'être suivies à cette époque. Quoique légères, elles n'en sont pas moins réelles, et correspondent encore à des différences dans la production de chaleur. Toutefois, il est des limites où ces rapports cessent ; où des différences assez marquées dans la production de chaleur n'en ont plus de correspondantes dans la durée de la vie

lorsque la respiration est suspendue : ces jeunes animaux ne tardent pas à y arriver.

De plus, si l'on examine les premiers jours de la vie, on verra de nouvelles preuves de cette connexion. Au lieu de passer rapidement du premier au cinquième jour, suivons la marche des phénomènes dans cet intervalle.

Lorsqu'on prive les jeunes animaux du contact de l'air, soit au moment de leur naissance, soit à une époque quelconque de la journée, on n'observe guère de différence dans la durée de la vie ; il en est de même le second jour et souvent le troisième.

Quelle que soit la révolution que l'exercice de la respiration amène pendant cet espace de temps, la durée de l'asphyxie reste à-peu-près la même ; ensuite elle commence à diminuer et décroît rapidement. Or, la condition dont ce phénomène dépend, nous la retrouvons dans ceux de la chaleur animale. J'en ai précédemment exposé la marche, et l'on peut se rappeler que le premier et le second jour elle ne prend pas d'accroissement très-sensible. A cette uniformité, au moins apparente, correspond l'égalité dans la durée de l'asphyxie ; mais la chaleur se développe bientôt d'une manière marquée : c'est à cette époque que la vie commence à s'abréger par la privation d'air.

On voit que la division que j'ai établie entre les jeunes mammifères pour la production de chaleur, leur est applicable pour la durée de la vie lorsqu'ils sont privés de la respiration. Cette durée a

son *maximum* dans le groupe de mammifères qui produisent le moins de chaleur à leur naissance, et son *minimum* dans celui où ils en produisent le plus.

J'ai fait des recherches semblables sur des oiseaux.

J'ai exposé séparément à l'action de l'air de jeunes moineaux pour comparer leur refroidissement. L'air était à 16° au mois de mai; un d'eux qui, dans une demi-heure, s'était refroidi de 35° à 19°, fut réchauffé ensuite, et lorsqu'il eut repris sa chaleur première, je le plongeai sous l'eau : il y vécut huit minutes : or, les adultes, sous l'eau, ne vivent qu'une minute et quelques secondes. Un autre, dont la température n'avait baissé qu'à 26°, fut réchauffé ensuite et plongé pareillement dans l'eau; il donna des signes de vie pendant quatre minutes seulement. D'autres enfin, perdant peu de leur chaleur par l'exposition à l'air, différèrent également peu des adultes dans la durée de la vie dans la condition que je viens d'indiquer. Ces faits suffisent pour établir la dépendance qui existe entre la chaleur animale et la faculté de vivre sans le contact de l'air; mais il est un terme où ce rapport cesse : les animaux y arrivent assez promptement. Les accroissemens de la chaleur qui surviennent ensuite n'ont plus d'influence sensible sur la durée de la vie dans l'asphyxie.

§ Ier. *Influence de la température extérieure.*

Dans les expériences précédentes nous n'avons pas parlé de la température de l'eau dans laquelle la submersion avait lieu. Cette condition influe puissamment sur les vertébrés à sang froid. En sera-t-il de même des animaux à sang chaud?

Nous allons étudier les effets de la température entre 0° et 40° centigrades, échelle la plus en rapport avec l'économie animale.

J'ai soumis de jeunes chats à des expériences comparatives; j'ai eu soin de les choisir, autant que possible, de même âge, de manière à ce que les différences n'altérassent pas les résultats : ils n'avaient qu'un ou deux jours. Dans de l'eau refroidie à zéro, ils cessèrent de donner des signes de sensibilité et de se mouvoir après 4′ 33″, terme moyen de neuf expériences. A une température de 10°, la durée de la vie s'étendit à 10′ 23″. A 20°, elle s'accrut considérablement, et, l'un dans l'autre, ces jeunes animaux vécurent 38′ 45″; à 30°, une marche inverse commença à avoir lieu : la durée fut sensiblement moindre; ils ne vécurent que 29′. Enfin à 40°, elle fut réduite à 10′ 27″.

C'est donc à 20°, le milieu de cette échelle, que la vie se prolonge le plus, lorsqu'on a supprimé la respiration de ces animaux par la submersion dans l'eau. Il y a cependant une latitude de 10° au-dessus de ce terme où les différences sont peu

marquées. Le décroissement est sensiblement le même de 30° à 40° que de 20° à 10°. A zéro, ces animaux nouveau nés ne vivent guère plus long-temps que les adultes.

Remarquons d'abord que le degré le plus favorable pour prolonger ce mode d'existence peut, avec raison, être considéré comme une température froide. Un bain à ce degré, qui équivaut à 16° de Réaumur, produit ordinairement sur notre corps une sensation très-vive de froid; mais en faisant abstraction de nos sensations, puisqu'il ne s'agit pas encore de l'homme, cette dénomination de froid n'en est pas moins exacte, puisqu'elle se rapporte à un terme qui est de 20° au-dessous de la température moyenne des animaux à sang chaud. Quoi qu'il en soit de cette expression, l'élévation de la température extérieure au-dessus de ce degré produit ici un effet délétère; il en est de même de l'abaissement : ainsi des températures opposées amènent des résultats analogues, mais dans des proportions différentes. Il faut une étendue de 20° à 40° pour obtenir les mêmes effets que de 20° à 10°. On voit donc qu'à partir du terme le plus favorable à la vie, la température ascendante est moins nuisible que la température contraire (1).

Des expériences semblables, faites sur de jeunes chiens, etc., de même âge, confirment cette con-

(1) *Voyez* tab. 48 et 49.

clusion. Cette influence de la température extérieure n'est pas bornée à cet âge; elle s'étend à toutes les époques; et quoique, chez les mammifères adultes, et plus encore chez les oiseaux, la vie soit tellement liée à l'action de l'air que, lorsqu'on intercepte ce fluide, elle est si courte qu'elle laisse peu de champ à l'observation, cette action, cependant, est encore sensible (1).

On voit par cet ensemble de faits relatifs aux animaux à sang chaud que la durée de la vie, lorsqu'on supprime le contact de l'air, dépend de deux conditions principales qui se rapportent à la chaleur : d'une part, les diverses mesures dans lesquelles se développe la chaleur chez les individus, et de l'autre, le degré de la température extérieure. La première de ces conditions est propre aux animaux, elle leur est donnée par la nature; la seconde vient du dehors.

(1) *Voyez* tab. 50.

CHAPITRE V.

De la Respiration dans la jeunesse et dans l'âge adulte.

En supprimant le contact de l'air, nous avons vu que la vie ne cesse pas à l'instant; qu'à la vérité elle se réduit alors à une très-courte durée; mais que les limites dans lesquelles elle se trouve resserrée ne sont pas invariablement fixées, qu'elles peuvent s'éloigner et se rapprocher dans certaines mesures, suivant des conditions que nous avons cherché à déterminer.

Après avoir ainsi observé comment la durée de la vie se modifie lorsque les animaux sont privés d'air, examinons maintenant l'action de ce fluide, en commençant par les rapports les plus simples.

L'air en contact avec deux surfaces du corps, à l'extérieur avec les tégumens, à l'intérieur avec les poumons, agit bien plus puissamment sur les derniers pour entretenir la vie.

A peine a-t-on intercepté l'entrée de l'air dans les poumons des animaux à sang chaud, quoiqu'ils restent en contact avec ce fluide par toute la surface extérieure du corps, qu'ils éprouvent la même gêne que s'ils étaient entièrement plongés sous l'eau; et si l'on continue à empêcher l'entrée de l'air, ils périssent si promptement qu'on n'

pas observé de différence entre ce mode d'asphyxie et celui qui a lieu par submersion. Si au contraire on supprime le contact de l'air avec la peau par l'immersion dans l'eau, tandis que l'air a un libre accès dans les poumons, il ne paraît en résulter aucun inconvénient, pourvu que la température du liquide soit convenable ; ou si l'animal en éprouve quelque gêne, on ne l'attribue pas à la suppression du contact de l'air avec la peau.

Ces faits connus de tous les temps ont dû nécessairement conduire les hommes à considérer les poumons comme le seul organe destiné à entretenir la vie par le contact de l'air, et à regarder les fonctions de la peau comme nulles à cet égard. Nous admettrons cette opinion pour le moment ; nous ne considérerons d'abord que l'organe pulmonaire dans ses rapports avec l'air pour entretenir la vie, et nous examinerons dans la suite si la peau ne participe pas à cette fonction.

Le premier rapport de l'air avec les poumons dépend de leur capacité. Comme ce fluide ne peut agir qu'au contact, il faut aussi considérer l'étendue de la surface avec laquelle il est en rapport ; mais la structure des poumons est tellement compliquée, et leurs cellules si petites et si nombreuses, qu'on ne peut en déterminer la mesure exacte. La différence de volume que présentent les animaux à sang chaud indique une différence semblable dans le volume de leurs poumons, et par

conséquent dans leurs rapports avec l'air. Mais lorsqu'on borne la respiration d'animaux de dimensions différentes à l'air contenu dans les poumons, ce qu'on peut faire en liant la trachée-artère, les grands ne vivent guère plus long-temps que les petits. On pourrait en déduire que l'étendue des poumons, chez les animaux de même classe, est proportionnée au volume du corps. Ce n'est qu'un premier aperçu sur lequel nous reviendrons à mesure que l'occasion l'exigera.

La vie ne se prolonge pas par le contact continué du même air. Il se renouvelle sans cesse; admis dans les poumons par la dilatation de la poitrine, il en est expulsé par un mouvement contraire. La nécessité de ce renouvellement est démontrée par les accidens qui arrivent lorsque, par une cause quelconque, ces mouvemens sont suspendus. Cependant tout l'air contenu dans les poumons ne se renouvelle pas par une inspiration et une expiration. Telle est la construction de la poitrine que jamais ses parois ne se rapprochent assez pour produire cet effet. Dans l'instant qui précède l'inspiration, les poumons contiennent beaucoup d'air. L'inspiration, en augmentant la capacité de la poitrine, y admet une nouvelle quantité de ce fluide. L'expiration ramenant cette cavité à ses dimensions premières, en fait sortir une quantité d'air qui sera égale à celle qui vient d'être inspirée, si, dans l'intervalle, cet air n'a subi aucune altération. La portion d'air qui entre et qui sort des pou-

mons, dans ces deux mouvemens alternatifs, est celle qui contribue essentiellement à l'entretien de la vie. Tant que l'organisation des poumons et la constitution de l'individu restent les mêmes, cette mesure dépend de l'étendue des mouvemens de la poitrine, étendue qui est semblable dans l'inspiration et l'expiration. Chacun sait que l'inspiration peut être plus ou moins grande par l'action de la volonté et d'autres causes inhérentes à l'économie animale.

Il suit de là que la mesure de l'air qui entretient la vie d'un animal n'est pas constante. Si elle l'était, il nous importerait peu de la déterminer, du moins pour les applications pratiques; car ce qui nous intéresse le plus à savoir est ce que nous pouvons modifier suivant nos besoins.

Ces mouvemens respiratoires se reproduisent dans un cours non interrompu; suivant les circonstances, ils sont plus ou moins amples ou rapides, et de là une plus ou moins grande quantité d'air employé dans un temps donné. La volonté n'agit que momentanément pour modifier ces mouvemens. Dans le cours habituel de la respiration, ils s'exercent sans l'intervention de cette faculté. En général, ils sont instinctifs ou involontaires, et dans l'état de santé et hors les cas où il existe des causes manifestes de perturbation, ils ont une grande tendance à l'uniformité. Dans les circonstances ordinaires, il y a un certain nombre

de mouvemens respiratoires sensiblement égaux, qui se reproduisent habituellement dans le même espace de temps. Ce rhythme caractérise la respiration de l'individu : il est nécessaire de le connaître pour juger convenablement des dérangemens de sa santé. En ne considérant que cette régularité des mouvemens, en faisant abstraction des changemens accidentels, on voit qu'il doit y avoir un rapport déterminé entre l'individu et la quantité d'air qui sert à l'entretien de sa vie, tant que sa constitution est la même : mais elle change à différentes époques, ce qui détermine de nouveau rapports que nous allons examiner. Dans la première jeunesse, il est évident, par les dimensions des poumons, que ces organes ne peuvent pas contenir autant d'air qu'à l'âge adulte, et quelles que soient les différences qui résultent des mouvemens respiratoires, on reconnaît facilement que les quantités absolues d'air employées dans la respiration sont nécessairement moindres dans les premiers temps de la vie. Si l'on veut apprécier les proportions relatives au volume, voici ce que l'on reconnaît, en évitant les difficultés inextricables où l'on s'engagerait par la recherche d'une mesure exacte.

A en juger par la simple vue, la proportion des poumons relative à celle du tronc diffère peu suivant l'âge. En admettant que ces organes sont relativement plus petits dans la jeunesse, il y a incontestablement, dans la rapidité des mouve-

mens respiratoires, une disproportion qui peut au moins compenser cette différence. Si la capacité des poumons est un peu moindre, la succession des mouvemens respiratoires est, en général, plus rapide, de sorte que dans le même espace de temps la quantité d'air qui se met en contact avec la surface pulmonaire d'un jeune animal est proportionnellement égale, sinon supérieure, à celle qui est inspirée par un adulte. Quoi qu'il en soit de ce rapport, il est certain au moins que, pour un grand nombre d'espèces, le renouvellement de l'air dans la respiration est plus fréquent dans la jeunesse, et surtout dans les premiers temps, que dans un âge plus avancé.

La nécessité du renouvellement de l'air suppose quelque altération de ce fluide. Il en est deux qui sont évidentes. L'air inspiré devient plus chaud lorsque la température de l'atmosphère est au-dessous de celle du corps, ce qui a presque toujours lieu; et de plus il se charge de vapeurs qui, en sortant de la poitrine, deviennent sensibles lorsqu'on respire dans un air froid. Mais ces altérations physiques ne sont que d'une importance secondaire.

On a reconnu que lorsqu'un animal est renfermé dans une quantité limitée d'air, il en altère la composition chimique, et l'on a déterminé la nature de ce changement. On sait que l'air atmosphérique est un mélange de deux gaz, l'oxigène et l'azote, qui se trouvent réunis dans des pro-

portions constantes. Dès qu'il est inspiré, ces proportions changent : celle de l'oxigène diminue; la quantité qui disparaît est remplacée, en tout ou en partie, par du gaz acide carbonique. L'air est expiré dans cet état. Comme il n'est pas de mon sujet d'entrer ici dans un examen approfondi des changemens chimiques de l'air, je me contente d'exposer ce qu'il y a de plus certain sur cette matière, me proposant de la traiter plus à fond dans une autre occasion.

C'est un fait constaté que l'altération de l'air par la respiration consiste principalement dans la conversion d'une grande partie de l'oxigène en acide carbonique. Il est facile, d'après cet exposé, de se rendre compte de ce qui se passe dans une quantité limitée d'air renfermée de toutes parts, dans laquelle respire un animal à sang chaud. A mesure qu'il y respire il diminue la proportion d'oxigène, qu'il remplace, en tout ou en partie, par de l'acide carbonique. Cette altération est successive, et lorsqu'elle est arrivée à un certain terme, l'air n'est plus propre à l'entretien de la vie, et l'animal périt alors comme s'il était privé du contact de l'air. Il y reste encore un peu d'oxigène; mais la proportion en est trop petite pour entretenir la vie des animaux à sang chaud. Ce degré d'altération est mortel pour tous; si l'on y introduit un mammifère ou un oiseau en santé et plein de vigueur, il succombe à-peu-près dans le même espace de temps que s'il était plongé sous

l'eau. Tous les animaux à sang chaud de même classe qui respirent dans une quantité limitée d'air, le portent, à peu de chose près, au même degré d'altération. Il existe, à la vérité, des différences, mais elles sont légères : nous les exposerons ailleurs; nous pouvons, pour le moment, en faire abstraction, et considérer la limite comme sensiblement la même pour tous.

Nous voyons, par cet exposé, que l'air qui sert à la respiration s'altère jusqu'à ce qu'il ne soit plus propre à l'entretien de la vie; dans ce sens il se consomme : c'est ainsi que nous exprimerons cet emploi de l'air; c'est sous ce rapport que nous allons l'envisager. Reprenons l'expérience précédente. Nous avons dit que les animaux à sang chaud, dans leur état de santé et de vigueur, lorsqu'ils sont renfermés dans une quantité limitée d'air, l'altèrent à-peu-près au même degré. L'espace de temps qu'ils y vivent est déterminé par la vitesse avec laquelle ils consomment la quantité d'oxigène qui est susceptible d'être altéré par la respiration, sujet qui mérite une attention spéciale. En comparant deux individus, on conçoit facilement que cette consommation peut ne pas dépendre uniquement de la proportion dans laquelle l'air est admis dans les poumons. Puisqu'il y a altération par le contact, on peut la supposer plus ou moins grande, suivant la constitution de l'individu, la quantité d'air respiré étant la même de part et d'autre.

J'ai établi cette comparaison entre des individus de même espèce, qui présentaient entre eux la plus grande égalité de volume, de mouvemens respiratoires, et qui se ressemblaient, autant que possible, sous tous les autres rapports. Cette conformité se rencontre le plus souvent chez les animaux de petite espèce. Je plaçai des moineaux dans des vases de même forme et de même capacité, contenant chacun un litre d'air, renversés sur le mercure. Pour établir plus d'égalité dans les conditions, je faisais les expériences simultanément, pour qu'il n'y eût pas de différences dans la température, la pression, l'humidité de l'air, etc. Je notai l'époque de leur introduction et le moment de leur mort. Dans un grand nombre d'expériences j'ai constaté qu'ils diffèrent quelquefois beaucoup entre eux pour la durée de la vie dans la même quantité d'air; que la plus courte et la plus longue durée pouvaient différer d'un tiers : cependant ils altèrent l'air à-peu-près au même degré, de sorte que la durée de la vie diffère principalement par la consommation plus ou moins rapide de l'oxigène.

Comme l'expérience se complique de la présence de l'acide carbonique, qui remplace en tout ou en partie l'oxigène qui se consomme, on pourrait attribuer à l'action de ce gaz, variable suivant la sensibilité des individus, une différence dans les mouvemens respiratoires, qui influerait sur la vitesse avec laquelle ils consomment l'air, «

diminuerait ainsi les durées respectives de leur vie. La présence de ce gaz influe incontestablement sur les mouvemens respiratoires ; mais je me suis assuré que les différences que nous avons rapportées, dans la consommation plus ou moins rapide de l'air, sont indépendantes de cette cause. Elles avaient lieu lors même qu'en changeant le procédé, j'employais les moyens nécessaires pour absorber l'acide carbonique à mesure qu'il se formait.

Si maintenant on se rappelle l'attention qu'on a portée au choix des animaux, pour qu'il y eût entre eux la plus grande parité dans le volume du corps et les mouvemens de la poitrine, il faudra admettre d'autres causes dépendantes des constitutions individuelles, qui influent sur la consommation plus ou moins rapide de l'air. En effet, la capacité de la poitrine, et les mouvemens respiratoires sont des conditions physiques qui règlent la quantité d'air qui se met en contact avec les poumons dans un temps donné. La quantité et la nature du sang, etc., sont des conditions physiologiques qui déterminent les altérations chimiques; celles-ci peuvent avoir lieu dans de plus ou moins grandes proportions, suivant la constitution de l'individu; en sorte que deux animaux de même espèce et de mêmes dimensions qui, dans des temps égaux, respirent la même quantité d'air, pourront le consommer dans des proportions différentes.

Ce fait nous présente un nouveau point de vue

sous lequel nous allons considérer les rapports de l'air avec l'économie animale.

Puisque la nature de la constitution influe sur la rapidité avec laquelle l'air se consomme, nous allons étudier les changemens de cette espèce qui surviennent chez le même individu par les progrès de l'âge.

Avant d'exposer les recherches que j'ai faites à ce sujet, sur lequel nous manquions de connaissances positives, voyons ce que l'on pourrait présumer d'après les caractères sensibles qui distinguent la jeunesse de l'âge adulte. Dans la jeunesse tout paraît tendre au développement et à l'accroissement du corps. La digestion est plus prompte, les besoins sont plus pressans et plus répétés, les réparations plus rapides, et lorsque l'on considère la nécessité de l'air pour l'entretien de la vie, on peut supposer que la consommation de ce fluide est relativement plus grande dans le premier âge. On serait d'autant plus porté à le croire que la rapidité des mouvemens respiratoires semble indiquer un plus grand besoin de ce fluide.

Mais toutes ces considérations ne peuvent nous dispenser d'avoir recours à l'expérience pour vérifier cette conjecture. Nous connaissons si peu les conditions qui influent sur la consommation d'air, que nos raisonnemens sur cette matière pourraient facilement nous induire en erreur.

En établissant une comparaison entre les jeunes animaux et les adultes qui respirent dans une quan-

tité limitée d'air, il y a plusieurs précautions à prendre pour parvenir à des résultats utiles. Il faut éviter de comparer ceux chez qui l'âge amène une grande différence de volume. Comme les dimensions du corps influent sur les quantités d'air inspirées, et que, toutes choses égales d'ailleurs, plus on inspire d'air, plus on en consomme, il faut, autant que possible, réduire cette cause de complication. Dans la comparaison des âges, il s'agit de déterminer l'influence qui dérive de la constitution et non de la différence de volume. Mais comme l'accroissement du corps et les changemens de la constitution sont inséparables pendant une certaine période de la vie, il convient de choisir des espèces dont la structure varie le moins par les progrès de l'âge, et chez lesquelles les autres différences sont les plus prononcées : les corrections à faire en raison du volume entraîneront moins d'erreurs. Les espèces qui ont servi aux expériences précédentes réunissent ces avantages. Pour simplifier encore le parallèle, lorsqu'on fait respirer des individus de différens âges dans une quantité donnée d'air, il faut supprimer l'acide carbonique à mesure qu'il se forme.

L'expérience a été faite dans des vases contenant un litre d'air, renversés sur une dissolution de potasse caustique, capable d'absorber l'acide carbonique. L'animal y était placé sur un diaphragme de gaze. J'ai employé les jeunes moineaux qui paraissaient âgés de huit ou dix jours : leur volume

était de 2 cent., et celui des adultes de 4 cent. 2. Cette différence dans les dimensions pouvait seule suffire pour que la même quantité d'air fût consommée plus vite par les plus grands, et il ne devait pas paraître extraordinaire qu'ils mourussent plus tôt. La durée moyenne de la vie fut d'1h 30' 52"; mais les jeunes moineaux prolongèrent leur existence d'une manière si disproportionnée que je ne pus le voir sans étonnement : ils vécurent, terme moyen, 14h 49' 40" (1).

On reconnaît de suite que le rapport de leur volume que je viens d'indiquer ne correspond pas à la différence dans la durée de la vie. Dans les derniers temps de l'expérience, lorsqu'ils ont altéré l'air au point qu'il ne sert plus à l'entretien de la vie, supposons qu'ils vivent encore ce qu'ils peuvent vivre quand ils sont privés d'air. Nous avons vu dans le chapitre précédent sur l'asphyxie que ce temps est plus long pour les jeunes que pour les adultes. Mais le maximum pour cette espèce, d'après les expériences que j'ai rapportées, est de sept minutes. Il est évident qu'en tenant compte de toutes ces différences, et en faisant les corrections qu'elles exigent, les jeunes moineaux ont vécu beaucoup plus long-temps dans la même quantité d'air, et que par conséquent leur consommation d'air est relativement moindre.

Quelle est la modification de l'économie animale

(1) *Voyez* tab. 51.

dépendante de l'âge qui est en rapport avec cette différence dans la consommation de l'air? La différence la plus saillante dans la constitution des jeunes animaux et des adultes consiste, comme nous l'avons fait voir précédemment, dans leur production de chaleur. C'est dans les premiers temps de la vie que les animaux à sang chaud en développent le moins : aussi est-ce à cette époque que nous voyons que les jeunes oiseaux ont consommé l'air si lentement.

Pour vérifier ce rapport dans les circonstances les plus propres à nous donner un résultat satisfaisant, j'ai continué mes recherches sur la même espèce à des âges plus rapprochés. Leur accroissement est si rapide qu'à peine commencent-ils à manger seuls, qu'ils ne diffèrent guère des adultes dans les dimensions du corps. Leur température se soutient alors à l'air libre: c'est lorsqu'ils sont arrivés à cette époque que je les ai comparés aux adultes. Cinq de ces jeunes animaux, placés dans un litre d'air, sur un diaphragme de gaze, au-dessus d'une forte solution de potasse caustique, y ont vécu, terme moyen, $2^h\,39'$, et les adultes, dans les mêmes circonstances, seulement $1^h\,32'$ (1). Il n'y a pas ici de compensation à faire, pour le volume ni pour la différence, dans la durée de la vie, après que l'air est devenu impropre à la respiration. Ces conditions sont égales de part et

(1) *Voyez* tab. 52.

d'autre, ou trop peu différentes pour qu'il faille en tenir compte; mais elles diffèrent essentiellement dans la production de chaleur, et nous voyons que ces jeunes oiseaux, qui en produisent beaucoup moins, consomment l'air plus lentement.

Il résulte de ces deux séries d'expériences que les individus de cette espèce, considérés à trois époques de la vie, ont progressivement consommé plus d'air à mesure qu'ils développent plus de chaleur, en tenant compte des différences de volume et des mouvemens respiratoires.

J'ai étendu ces recherches aux mammifères, en suivant un procédé différent: je n'indiquerai que le résultat. J'ai placé sur le mercure, dans des vases contenant la même quantité d'air, de petits chiens de un ou deux jours, et des cochons d'Inde âgés d'environ quinze jours. Je retirai les chiens au bout de quatre heures cinquante-neuf minutes, et les cochons d'Inde après une heure quarante-deux minutes. Par l'analyse de l'air, je trouvai que le terme moyen des quantités d'oxigène consommé était sensiblement le même. En ne considérant que la différence de volume, la consommation d'air par les jeunes chiens aurait dû être plus rapide, parce qu'ils étaient plus grands; mais lorsqu'on se rappelle que nous avons établi précédemment que les jeunes chiens, à leur naissance, produisent beaucoup moins de chaleur que les cochons d'Inde, l'on voit ici se reproduire le même rapport que nous avons déterminé entre les moi-

neaux de différens âges, dont la consommation d'air s'accroît avec la production de chaleur.

Ce résultat de la comparaison de la respiration à différentes époques de la vie, depuis les premiers temps jusqu'à l'âge adulte, est différent de l'opinion qu'on aurait pu se faire, d'après la considération de la vitesse des mouvemens respiratoires, de la circulation et de l'activité de la nutrition. Il diffère, en effet, de l'opinion générale. On se fondait aussi sur la supposition que, dans la jeunesse, le développement de chaleur est plus grand; mais comme j'ai fait voir que le contraire a lieu, la consommation d'air, relativement moindre dans la jeunesse que dans l'âge adulte, n'a plus rien d'étrange. Ce fait rentre, au contraire, dans l'ordre connu. N'est-ce pas le même rapport qu'on a observé depuis long-temps entre les vertébrés à sang froid et les animaux à sang chaud? N'en est-il pas de même de la comparaison des mammifères et des oiseaux? Les poissons et les reptiles, animaux à sang froid, ne consomment-ils pas beaucoup moins d'air que les autres classes des vertébrés, animaux dont la chaleur est très-élevée? Et, parmi ceux-ci, n'a-t-on pas reconnu que les mammifères, en général, développent moins de chaleur que les oiseaux, et qu'ils consomment moins d'air? Ainsi, les faits que j'ai présentés relativement à la respiration des jeunes animaux, bien loin d'être des exceptions, sont, au contraire, parfaitement conformes à la règle

générale. J'observerai de plus que mes recherch
sur cette fonction et celles que j'ai faites sur la ch
leur des jeunes animaux, se confirment récipro
quement.

CHAPITRE VI.

De l'Influence des saisons sur la respiration.

Il arrive, dans le cours des saisons, plusieurs changemens dans l'atmosphère, qui peuvent influer sur la respiration; les variations de température, de pression, de densité de l'air.

Considérons les effets des divers degrés de densité de l'air sur la consommation de ce fluide par la respiration, abstraction faite des autres modifications de l'atmosphère. On sait qu'on peut faire périr promptement des animaux à sang chaud, placés sous le récipient de la machine pneumatique, en raréfiant l'air qu'ils respirent. Certes, la raréfaction de l'air ne produit pas un effet unique; mais, de quelque manière qu'elle agisse d'ailleurs, on ne peut attribuer la promptitude de la mort qu'à ce que l'air dilaté est consommé en moindre proportion, au point qu'elle ne suffit plus à l'entretien de la vie.

Quoique le fait que je viens de citer ne prouve pas directement que la raréfaction de l'air diminue la consommation de ce fluide, cependant on n'a pas laissé de l'admettre comme suffisant. Si le lecteur en voulait la preuve fondée sur l'analyse,

je citerais les Mémoires de Legallois sur la respiration. Faisant des recherches sur différens moyens de limiter la consommation de l'air, pour en constater les effets sur la chaleur animale, il a été conduit à examiner l'influence de l'air raréfié. Il a vu que la production d'acide carbonique diminuait par la raréfaction. Nous supposons ici que la température n'y soit pour rien. Il est vrai que l'air se refroidit par cela même qu'il se dilate; mais le refroidissement qui accompagne la raréfaction de l'air dans le récipient de la machine pneumatique est trop peu considérable pour lui attribuer une part sensible dans les effets marqués de l'air raréfié sur la respiration.

De cette condition, que nous considérerons comme simple, nous passerons à une autre qui est compliquée.

Lorsque la température de l'air change, sa densité change aussi. Le froid le contracte, la chaleur le dilate. Nous avons parlé des effets que les changemens de densité produisent sur la consommation d'air. Quelle sera l'action propre de la température? Il faut ici écarter un mode d'action bien connu, son influence sur les mouvemens respiratoires et sur ceux du cœur. Il est évident que, si le changement de température est tel qu'il accélère ou ralentit ces mouvemens, en vertu de ces effets, il tendra à augmenter ou à diminuer la consommation d'air. Mais ce n'est pas ainsi que je veux envisager l'action de la température : ce résultat n'a lieu qu

dans les cas extrêmes; il y a des limites de chaleur et de froid dont les degrés intermédiaires ne dérangent pas sensiblement les mouvemens du thorax et du cœur. Chez les animaux à sang chaud, les constitutions saines et appropriées au climat n'éprouvent guère de changement notable dans le rhythme de ces mouvemens, durant le cours des saisons, hors des cas extrêmes, dont nous avons parlé plus haut.

Lorsque la température n'agit pas de la sorte sur ces organes, et c'est ce qui arrive ordinairement, ne peut-elle pas avoir, suivant son degré, une influence sur la consommation d'air, pour l'augmenter ou la diminuer? Par exemple, l'air étant plus rare en été, et en même temps plus chaud, mais à un degré qui ne change pas les mouvemens du thorax et du cœur, quel sera l'effet de cette élévation de température? La raréfaction, lorsqu'elle est assez considérable, diminue la consommation de l'air: la chaleur agira-t-elle dans le même sens ou en sens inverse, ou sera-t-elle sans influence sur le phénomène? Je ne connais pas d'expériences où l'on ait apprécié la part respective de ces deux agens; mais il en est qui donnent le résultat de leurs actions réunies.

Crawford a fait respirer des cochons d'Inde dans de l'air à différentes températures. L'analyse de l'air lui a fait connaître qu'il s'était formé plus d'acide carbonique dans l'air froid à la tempéra-

ture d'environ 8° cent. que dans l'air chaud, à-peu-près à 35°; mais l'air froid étant plus dense, l'air chaud plus raréfié, ce changement de densité pourrait seul produire les effets observés par Crawford.

Toutefois, si ces expériences étaient bien faites et assez répétées, leur résultat serait important. Il nous apprendrait que, dans un air chaud et raréfié au degré indiqué, la consommation d'air est moindre que dans un air froid et dense, tel qu'il l'était dans les recherches de Crawford. Ces différences de température se reproduisent dans le cours des saisons.

Le résultat de ces expériences peut être vrai; mais il faut avouer qu'elles ne sont ni assez nombreuses, ni fondées sur des procédés assez exacts, pour qu'on puisse l'adopter avec sûreté, d'autant plus que Delaroche a obtenu des résultats variables dans l'un et l'autre sens.

Quelque intérêt qui soit attaché à la solution de cette question, qui, par les raisons que je viens d'indiquer, reste encore indécise, je ne la traiterai pas ici, parce qu'elle exige l'emploi de méthodes que j'ai réservées pour un autre ouvrage. Je m'en suis occupé avec beaucoup de soin; je donnerai les faits que j'ai constatés lorsque je traiterai spécialement des altérations de l'air par la respiration.

Mais il est une question, touchant l'influence des saisons sur cette fonction, que je vais examiner

ici ; elle est d'une plus grande importance, et peut être décidée en employant les procédés qui nous ont déjà servi.

Il s'agit de savoir si, par le changement des saisons, la constitution n'éprouve pas des modifications telles qu'en supposant l'air dans le même état de densité, de température, etc., il ne serait pas consommé dans des proportions différentes aux deux époques.

Les faits précédemment établis, et les rapports que nous y avons aperçus, nous mettent à même de prévoir, avec une grande vraisemblance, le résultat de l'expérience. En suivant les changemens qui surviennent chez les animaux à sang chaud par les progrès de l'âge, nous avons vu qu'à différentes époques, depuis leur naissance jusqu'à l'âge adulte, la consommation d'air augmente, toutes choses égales d'ailleurs, avec le développement de la chaleur. Cette relation entre la respiration et la production de chaleur est conforme à ce que nous avons déjà observé entre des animaux de classes différentes, tels que les vertébrés à sang froid comparés aux animaux à sang chaud, et les mammifères aux oiseaux. On doit donc s'attendre à ce que cette correspondance se reproduise dans d'autres cas où on ne l'aurait pas encore observée, par exemple, dans celui que nous nous sommes proposé d'examiner.

Nous avons fait voir dans un des chapitres précédens, que, chez les animaux à sang chaud qui

jouissent de toute leur activité, et dont la constitution est appropriée au climat, la faculté de produire de la chaleur est plus grande en hiver qu'en été, condition qui doit influer sur la consommation d'air, et la rendre, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande en hiver qu'en été, s'il existe réellement une liaison intime entre les deux fonctions.

Supposons, par exemple, qu'on fasse deux séries d'expériences, l'une en hiver, l'autre en été, sur des individus de même espèce, renfermés chacun dans un vase contenant la même quantité d'air; toutes les conditions de ce fluide étant les mêmes pour tous, ils y vivront d'autant plus long-temps, qu'ils consommeront moins d'air dans un temps donné. Si leur constitution est telle en hiver que leur consommation d'air soit plus grande à cette époque, il s'ensuit qu'ils vivront moins long-temps dans la série d'expériences faites dans cette saison, si aucune cause étrangère et perturbatrice n'empêche ce résultat. Pour qu'on puisse y compter et qu'on ne l'attribue pas à des différences individuelles, il faut les compenser par un nombre suffisant d'expériences dans chaque série.

J'ai fait, au mois de janvier 1819, une suite d'expériences sur six bruans, renfermés chacun dans un vase contenant 117 centilitres d'air, placé sur le mercure, avec un diaphragme de gaze pour soutenir l'animal. J'ai porté la température de l'air à 20° et 21° pour égaler une température modérée

en été. Le terme moyen de la durée de leur vie dans cette quantité d'air fut de 1h 2' 25". Au mois d'août et de septembre, je répétai les mêmes expériences à la même température, sur treize individus de même espèce. Le terme moyen de la durée de leur vie fut alors de 1h 22'. Voilà une différence considérable, précisément dans le sens que nous avons présumé. La durée de la vie a été plus courte en hiver, parce que la consommation d'air a été plus grande dans un temps donné.

Mais ne nous arrêtons pas à ces résultats; il faut les multiplier avant de pouvoir s'y reposer avec confiance.

Dans le mois de janvier de la même année, je fis la même expérience sur quatre verdiers : ils vécurent l'un dans l'autre 1h 9' 15". Au mois d'août suivant, n'ayant pu m'en procurer un plus grand nombre, je ne fis l'expérience que sur deux : l'un vécut 1h 50', et l'autre 1h 36'. Je ne rapporte ce résultat que parce qu'il sert à confirmer le précédent : seul, il serait absolument insuffisant (1).

Au lieu de multiplier les faits en me servant du même procédé, j'ai cru pouvoir donner une nouvelle valeur à la vérification de cette influence des saisons, en changeant de méthode. J'ai voulu simplifier l'expérience : elle avait été faite sur le mercure. L'acide carbonique, formé pendant la

(1) *Voyez* tab. 53.

respiration restait dans le vase, et faisait partie de l'air respiré. Je me suis proposé, dans une autre série d'expériences comparatives dans les deux saisons, de supprimer cette cause de complication, en plaçant les vases sur une forte dissolution de potasse caustique, capable d'absorber le gaz acide carbonique qui se produisait.

Ayant fait cette modification au procédé, je résolus de l'appliquer à un grand nombre d'individus. A la fin de décembre et au mois de janvier, j'en fis l'essai sur seize bruans. Les circonstances étaient les mêmes que j'ai déjà indiquées. La durée moyenne de leur vie fut de 1^h 7′ 37″. L'été suivant, à la fin d'août et au commencement de septembre, la température étant à 20° et 21°, la même épreuve fut faite sur douze bruans. Mon attente fut également remplie dans cette occasion : ils vécurent l'un dans l'autre 1^h 23′ 43″ (1).

Le résultat est ici de même nature que dans toutes les autres séries d'expériences, quoique la méthode soit différente ; et cette uniformité, dans les cas multipliés que j'ai rapportés, ne laisse pas de doute sur le changement qui s'est opéré dans la constitution de ces animaux, par l'influence des saisons.

Quelque convaincantes que soient les preuves que nous venons de donner, on ne saurait trop s'assurer de la vérité du fait, en en cherchant

(1) *Voyez* tab. 34.

d'autres, pourvu qu'elles ne nous écartent pas de la marche que je me suis tracée dans cet ouvrage.

J'ai pensé que les phénomènes que ces animaux présentent pendant qu'ils respirent la même quantité d'air, fourniraient des données propres à nous éclairer sur la manière dont ils consomment l'air dans les deux saisons.

Lorsqu'on respire une quantité limitée d'air, on l'altère, et par la diminution de l'oxigène et par la production d'acide carbonique; dans le cas où ce gaz serait éliminé à mesure qu'il se forme, la diminution successive de la proportion d'oxigène ne laisserait pas de gêner la respiration; et si, dans les premiers temps, cet effet n'est pas sensible, il vient une époque où elle commence à se manifester par l'accélération de la respiration, qui croît avec la cause qui l'a produite. D'autres signes d'une respiration laborieuse se manifestent lorsque la proportion de l'oxigène est considérablement diminuée. Or, il était à présumer que dans la série d'expériences où la consommation d'air serait plus rapide, les signes d'une respiration gênée par la diminution plus prompte de la quantité d'oxigène se manifesteraient plus tôt. Mais il fallait choisir des signes non équivoques, faciles à constater, et qui ne pouvaient être attribués à d'autres causes qu'à celle dont nous voulions apprécier l'effet. Je n'ai pas jugé à propos de prendre pour terme de comparaison l'accélération des mouvemens respiratoires, d'abord parce

qu'ils sont équivoques par leur nature, la gêne de la respiration pouvant se manifester, tantôt de cette manière, tantôt par une augmentation dans l'étendue des mouvemens, sans qu'il y ait une différence sensible dans leur vitesse; ensuite, ils sont équivoques par les causes qui les produisent. Les individus plus ou moins farouches varient dans l'émotion qu'ils éprouvent lorsqu'on les met en expérience, et de là une différence dans la vitesse de ces mouvemens. Ce n'est pas qu'on ne puisse en tirer parti; mais il y avait un autre moyen qui ne pouvait induire en erreur. Dans la gêne extrême de la respiration les oiseaux ouvrent le bec.

Je me suis donc proposé de noter dans les deux saisons le moment où chaque individu donnerait ce signe évident d'une respiration gênée, signe qui devait se manifester d'autant plus vite, que l'animal aurait plus promptement réduit la proportion d'oxigène, et j'ai eu soin de ne le faire que dans les expériences sur la dissolution de potasse, pour que l'air respiré fût, autant que possible, exempt d'acide carbonique. Il est évident qu'il ne fallait établir la comparaison qu'entre les termes moyens des observations faites dans les deux saisons, à cause des différences individuelles, qu'il fallait dans ce cas, comme dans les précédens, compenser par le nombre qui forme chaque série. Je notai donc en janvier, sur dix bruans, l'époque où ils commencent à ouvrir le bec dans ce genre d'expériences que nous avons déjà dé-

crit. Cette époque, représentée par le terme moyen des époques individuelles, fut $0^h 52' 33''$, après le commencement de l'expérience. Des observations semblables, faites à la fin du mois d'août et au commencement de septembre, sur douze individus de même espèce et placés dans les mêmes circonstances, donnent pour résultat moyen de l'époque où ils commencent à manifester le même signe, $1^h 8' 55''$, à compter du commencement de l'expérience (1).

En hiver, les individus de même espèce, placés dans les mêmes conditions extérieures qu'en été, ont présenté le même signe évident d'un grand embarras de la respiration 16' plus tôt qu'en été. Or, la cause qui produit cette gêne est la même, mais à un moindre degré que celle qui occasione la mort dans les deux cas, la diminution de la proportion d'oxigène par la consommation qui s'en fait par la respiration.

La consommation, plus rapide dans les expériences d'hiver, fait que ce signe se manifeste plus tôt. On ne saurait avoir une preuve plus sensible à l'appui des faits précédens.

Si la quantité d'air, soit par le volume ou la densité, avait été moindre en hiver, tous les effets que je viens d'exposer auraient été la suite de cette différence; du moins il aurait fallu les y rapporter. Mais, pour qu'il n'y eût aucun doute à cet égard,

(1) *Voyez* tab. 54.

j'ai voulu que les conditions fussent plus favorables en hiver. La pression moyenne était la même dans les expériences des deux saisons; mais l'air dont je remplissais les vases en hiver était d'abord plus froid avant de l'échauffer pour le porter à la température d'été, et la différence était telle qu'il y avait réellement plus d'air dans toutes les expériences d'hiver, quoique les animaux y eussent vécu moins long-temps, en prenant, comme je l'ai fait, le terme moyen de leur vie.

Les différences dans les phénomènes de la respiration ne tenant pas à la différence des conditions dans lesquelles les animaux étaient placés, il s'ensuit qu'elles dépendaient du changement survenu dans leur constitution, par l'influence des saisons.

Remarquons surtout que ce changement pouvait être prévu, en le déduisant d'un autre effet qui résulte de l'action des saisons. Nous avions constaté que la faculté de produire de la chaleur chez les animaux à sang chaud dont la constitution est appropriée au climat, était plus grande en hiver qu'en été; et, d'après la relation observée dans d'autres cas entre cette faculté et la consommation de l'air, nous avons pu présumer que, toutes choses égales d'ailleurs, la consommation devait être accrue dans la même saison, avec la faculté de développer la chaleur. Cette vue a été justifiée par le résultat des expériences qu'elle avait suggérées.

CHAPITRE VII.

De la Transpiration.

Un agent physique ne se borne pas à un seul rapport avec l'économie animale, il peut exercer en même temps diverses influences. Ainsi, l'air atmosphérique, par les qualités qui lui sont propres, a une action vivifiante indispensable à l'entretien de la vie. La respiration est la fonction par laquelle cet effet a lieu. Nous en avons traité dans le chapitre précédent. Mais, en même temps que l'air atmosphérique sert à la respiration, il influe sur la conversion en vapeur d'une partie des liquides contenus dans le corps.

Cette considération nous conduit à l'étude d'une autre fonction, la transpiration, selon qu'elle est affectée par les divers états de l'atmosphère.

En nous occupant des animaux à sang froid, nous en avons déjà traité dans une grande étendue. Ces recherches nous dispenseront de donner la même extension à ce genre d'expériences sur les animaux à sang chaud. Il ne s'agit pas ici de déterminer la nature chimique de l'excrétion qui se fait par la peau et les poumons : pour l'objet que nous nous proposons, il nous suffit de savoir qu'elle est composée d'eau et d'une très-petite

portion de matière animale. Que cette matière varie suivant les classes et selon les espèces, ou dans le même individu diversement affecté, toujours est-il vrai que l'eau est un liquide commun à toutes les pertes qui se font par la transpiration, et que la diminution de poids que le corps subit en conséquence porte principalement sur cette partie constituante. Voilà au moins ce qu'il y a de commun à tous les vertébrés, relativement à la nature de la transpiration. Quant à l'action des divers états de l'air pour augmenter ou modérer les pertes qui se font par cette voie, chez les vertébrés à sang froid, on a vu dans les résultats des recherches que j'ai déjà exposés, un des exemples les plus frappans de l'empire que les causes physiques peuvent exercer sur l'économie animale. Elles ont une action uniforme sur tous les animaux de ces classes que j'ai soumis à l'expérience. Les quantités absolues que des espèces différentes perdent dans les mêmes circonstances varient souvent dans des limites très-éloignées; mais chaque modification de l'air dont nous avons examiné l'effet agit toujours de même sur tous, soit pour augmenter, soit pour diminuer la transpiration.

Voilà ce qu'il nous importe le plus de savoir, parce qu'il est présumable que cette influence doit s'étendre aux autres animaux, et que nous étudions principalement les espèces pour arriver à des vérités générales.

Les raisons en faveur de cette analogie sont si

fortes, que je me serais à peine déterminé à la vérifier par l'expérience, si je n'avais considéré l'importance du sujet. Les différences qui existent entre les deux groupes d'animaux ont tellement frappé un grand nombre d'esprits, qu'ils ne sont guère disposés à admettre, par induction pour les uns, ce qui a été prouvé pour les autres. Cette réserve, en général, est sage, quoiqu'on puisse la porter trop loin, et se fermer ainsi l'accès à des vérités importantes, qui seraient inabordables par d'autres voies.

Il est d'ailleurs de la nature de ces recherches de soumettre à l'action des mêmes agens extérieurs des animaux pris dans les diverses classes des vertébrés, toutes les fois qu'ils peuvent se prêter au même genre d'expériences.

C'est pourquoi nous reprendrons la même série de recherches sur la transpiration des animaux à sang chaud, que nous avons faites sur les vertébrés à sang froid, en ne les étendant pas plus loin qu'il ne faut pour nous assurer s'ils sont soumis au même genre d'influence.

§ Ier. *Marche de la transpiration dans des temps égaux et successifs.*

Commençons par déterminer quelle est la marche de la transpiration des animaux à sang chaud dans le cas où les circonstances extérieures ne changent pas. Il faut d'abord s'assurer du rapport des pertes

dans une suite de temps égaux, sous une même influence extérieure : car, pour apprécier les variations de la transpiration causées par les agens physiques, il est indispensable de connaître la marche de cette fonction, dépendante de l'organisation. On peut supposer plusieurs cas : 1°. que les pertes sont égales, ou à-peu-près égales, dans des temps égaux; 2°. qu'elles sont régulièrement ou irrégulièrement croissantes ou décroissantes; 3°. enfin, tellement variables qu'on ne puisse apercevoir aucune tendance déterminée vers aucun de ces résultats. Toutes ces suppositions sont admissibles lorsqu'on rejette l'exemple des vertébrés à sang froid, jusqu'à ce que l'expérience sur les animaux à sang chaud en ait décidé.

J'ai soumis à l'expérience quatre jeunes cochons d'Inde, que j'ai placés séparément dans de petites cages de fil de fer, pour laisser un libre accès à l'air, et contenir leurs mouvemens. La température de la chambre était de 14°, terme éloigné des extrêmes de chaleur et de froid, et qui permet le libre exercice des fonctions. On évitait de produire des courans d'air, afin que la transpiration pût suivre sa marche naturelle. On avait donné à manger à ces animaux, pour que leur corps fût dans le meilleur état possible. Je les pesai d'heure en heure; mais, dans l'intervalle, il fallait tenir compte des excrétions urinaires et alvines pour déterminer les pertes par la transpiration. Une assiette était placée sous la cage pour les recevoir. Chaque ex-

crétion était pesée sur-le-champ, et la partie liquide enlevée avec du papier joseph, dont on déterminait le poids avant et après cette opération. L'expérience dura six heures. Les pertes par la transpiration, comparées d'heure en heure, furent si variées, et présentèrent de telles alternatives en plus et en moins, qu'on n'y reconnaissait aucune tendance à une marche régulière. Mais, en établissant la comparaison de deux heures en deux heures, les pertes décroissaient successivement chez les uns, et tendaient manifestement au décroissement chez les autres : aussi, en les comparant dans un plus grand espace, à des intervalles de trois heures, le décroissement des pertes, dans ces temps égaux, était évident chez tous (1).

Je fis le même essai sur un autre genre de mammifères. Quatre souris adultes furent également placées dans de petites cages de fil de fer, avec les mêmes précautions, pour recueillir et évaluer les excrétions. La température de la chambre était de 19°. L'expérience fut continuée pendant six heures. La fluctuation que nous avions observée chez les cochons d'Inde, dans les pertes successives d'heure en heure, par la transpiration, se reproduisit également chez cette espèce. De même, la comparaison établie de deux heures en deux heures diminuait considérablement ces alternatives ; on y apercevait une tendance au décroissement suc-

---

(1) *Voyez* tab. 55.

cessif, qui devenait manifeste et sans exception, en prenant des intervalles de trois heures (1).

Au lieu de poursuivre ces recherches sur des mammifères, j'ai cru qu'il serait préférable de soumettre à la même épreuve des animaux pris dans l'autre classe des vertébrés à sang chaud. Si leur transpiration suivait la même marche, il devenait inutile de multiplier les faits. Plus l'organisation diffère chez des individus qui présentent les mêmes phénomènes, plus on est certain qu'ils doivent être communs à un plus grand nombre d'espèces.

Je répétai donc ces expériences sur des oiseaux. Je me servis de moineaux francs; j'en exposai quatre à l'air, dans une chambre à 19°, quatre autres à une température de 20°, en employant les mêmes précautions et les mêmes procédés, pendant le même espace de temps que dans les deux cas précédens. Il ne convenait pas de donner une plus grande durée à l'expérience, pour ne pas affaiblir le corps par une trop longue abstinence.

J'obtins la confirmation la plus complète des résultats précédens : pertes irrégulières en plus ou en moins, considérées d'heure en heure et décroissement marqué, en prenant un plus grand espace de temps. Telle était la diminution successive de la transpiration, qu'elle eut lieu, sans exceptions,

(1) *Voyez* tab. 56.

chez les huit individus, dans des intervalles de deux heures (1).

En s'arrêtant aux irrégularités qui ont lieu dans les intervalles successifs d'une heure, on aurait pu se méprendre sur la marche de la transpiration, et n'y reconnaître aucune tendance déterminée; et ce fait se serait joint à tant d'autres anomalies des phénomènes de la vie, pour confirmer l'opinion que, par leur nature, ils ne sont guère susceptibles d'être assujettis à des règles. Cependant, on peut les envisager de manière à y trouver plus d'uniformité qu'on ne croit, et les faits qu'on vient de citer en sont un exemple. Malgré la diversité des espèces que nous avons soumises aux mêmes expériences, nous les voyons présenter des résultats analogues; ce que les mammifères offrent d'une part se reproduit d'autre part chez les oiseaux. Ces faits étant constatés sur des animaux pris dans les deux classes, il est inutile d'en multiplier les exemples, et nous sommes autorisés à les regarder comme communs aux animaux à sang chaud.

Pour exprimer ces résultats d'une manière générale, nous dirons que les pertes successives par la transpiration varient considérablement en plus ou en moins, lorsqu'on les compare dans de courts espaces de temps, mais qu'elles décroissent constamment lorsqu'on les considère dans de plus

(1) *Voyez* tab. 57.

grands intervalles. J'irai plus loin, et cela est nécessaire pour que ces observations soient susceptibles de quelque utilité pratique : il s'agit d'assigner des limites de temps dans lesquelles on peut approximativement renfermer les phénomènes que nous venons d'indiquer. Puisque ces phénomènes sont communs à tous les animaux vertébrés, et que nous avons constaté, sur un grand nombre d'individus d'espèces différentes, les limites de temps propres à chacune, nous donnerons leur terme moyen comme limite approximative pour une espèce quelconque : on verra qu'elle doit approcher beaucoup de la vérité.

Les espaces de temps dans lesquels les fluctuations de la transpiration ont lieu généralement chez les animaux vertébrés, sont faciles à déterminer, même avec précision. Nous avons toujours observé, chez les vertébrés à sang chaud, que les variations en plus ou en moins avaient lieu dans les intervalles successifs d'une heure, et ce terme peut être regardé comme la règle générale. Quant aux espaces de temps que l'on peut assigner pour que le décroissement successif de la transpiration ait généralement lieu, l'approximation se fonde sur les considérations suivantes : en examinant toute la série des résultats d'expériences sur les vertébrés de diverses classes, j'observe que les plus courts intervalles dans lesquels ce phénomène a eu lieu étaient de deux heures, et les plus longs de neuf. En prenant un terme intermédiaire de

six heures, on peut espérer de renfermer la presque totalité des cas ; car, lors même qu'il fallait un plus long espace de temps, trois heures suffisaient pour déterminer un décroissement, sinon constant, du moins très-peu variable. Dans le plus grand nombre des cas, ce phénomène a eu lieu dans les espaces successifs de trois heures.

Cette première série d'expériences sur la transpiration des animaux à sang chaud ayant eu des résultats parfaitement conformes à ceux que nous avons obtenus des recherches correspondantes sur les vertébrés à sang froid, il est probable que nous trouverons de l'uniformité dans les autres.

Nous n'avons pas besoin de dire que l'action de l'air, considérée uniquement sous le rapport de la température, agit de même sur la transpiration des uns et des autres. Personne n'en demandera des preuves ; la chose est manifeste.

§ II. *Influence de l'état hygrométrique de l'air.*

Il n'en est pas de même de l'influence de l'air sec et humide. Le témoignage de nos sens ne suffit pas pour nous éclairer sur les effets de ces deux modifications de ce fluide. Ils peuvent, au contraire, nous induire en erreur. Un air sec peut faire disparaître la sueur, par sa propriété d'absorber l'humidité. Un air humide, par la propriété contraire, la laisse s'accumuler sur la surface du corps. Dans le premier cas, on jugerait que l'air

sec diminue la transpiration ; dans le second, que l'air humide l'augmente.

Si l'on n'admettait pas l'exemple des vertébrés à sang froid pour juger de l'effet de ces deux modifications de l'air sur les animaux à sang chaud, à plus forte raison ne se laisserait-on pas influencer par des considérations tirées de la physiques.

La sensibilité, qui, chez les êtres de cet ordre élevé, est si exquise, et qui influe si puissamment sur les sécrétions, ne peut-elle pas être affectée par les agens extérieurs, de manière à produire des effets bien différens de résultats purement physiques ? L'air sec ne produirait-il pas sur la surface de la peau et des poumons une astriction qui diminuerait la transpiration, et l'air humide un relâchement qui produirait un effet contraire ?

Ces considérations suffisent pour faire connaître l'incertitude qui doit exister sur cette question lorsqu'on n'a pas recours à l'expérience directe, et que l'on se refuse à suivre l'analogie tirée des faits relatifs aux vertébrés à sang froid.

Quant à l'expérience directe, c'est une chose étonnante qu'elle n'ait pas été faite. Delaroche a déterminé les effets comparatifs de l'air sec et de l'air humide sur l'homme, à de hautes températures, condition qui change beaucoup les effets de ces agens. D'autres savans qui se sont occupés de recherches statiques sur la transpiration, ont aussi

fait des observations à ce sujet, à des températures modérées, mais dans des conditions si compliquées, qu'on pourrait attribuer les résultats à d'autres causes qu'à celles qu'ils leur assignent.

Afin de comparer les effets de l'air sec et de l'air humide, il faut que toutes les autres conditions de température, de pression, etc., soient égales. Pour y réussir plus facilement, il faut faire les expériences simultanément.

Quant à l'air humide, il convient que la vapeur soit transparente, et non à l'état de vapeur visible, que les physiciens appellent vapeur vésiculaire, condition dans laquelle elle se trouve dans les brouillards. L'autre état de l'atmosphère est le plus ordinaire, et par conséquent le plus important à connaître.

J'ai placé un cochon d'Inde dans une cage de fil de fer; je l'ai suspendu dans un vase de verre, dont les parois avaient été préalablement mouillées, et que je posai de suite sur l'eau. Le vase était de la capacité de douze litres environ : en pareil cas, l'air y arrivait rapidement à l'humidité extrême; je m'en étais préalablement assuré. Dans un vase parfaitement semblable, je suspendis en même temps un autre cochon d'Inde de la même portée, le plus semblable possible pour le poids, dont j'indiquerai la différence en parlant des résultats. Le vase fut placé sur deux livres de chaux vive, pour absorber l'humidité, et entouré de suif pour intercepter le passage de l'air. Un hygromètre,

dans l'intérieur, marquait la dessiccation progressive de l'air.

J'aurais désiré comparer les limites extrêmes de l'état hygrométrique de l'air parfaitement sec, et de ce fluide saturé d'humidité. Il est facile de le dessécher complètement avant l'expérience; mais, comme on doit l'isoler pour en absorber l'humidité, et qu'il faudrait ensuite y introduire l'animal, en le passant à travers le mercure, il y augmenterait de poids en avalant de ce liquide.

En supposant même que l'on puisse sans inconvénient introduire un animal dans de l'air parfaitement sec, il ne tarderait pas à devenir humide par la transpiration, et les moyens propres à le dessécher à fur et à mesure ne seraient peut-être pas assez prompts pour le maintenir dans son état de sécheresse extrême. D'ailleurs, le degré que l'on peut obtenir par le procédé que j'ai suivi est semblable à un grand degré de sécheresse de l'air dans notre climat, où elle n'est jamais extrême, à moins qu'on ne s'élève à de grandes hauteurs. La connaissance de ces effets sera donc d'une plus grande utilité pratique.

La température extérieure était de 15°. La pression et les autres conditions étaient les mêmes dans les expériences comparatives, excepté l'état hygrométrique : les animaux n'étaient donc exposés qu'à éprouver d'une part les effets d'une sécheresse relative, et de l'autre ceux de l'air

porté à l'humidité extrême. Mais on ne saurait les placer dans ces conditions sans s'ôter la faculté de déterminer d'une manière directe les pertes qu'ils font par les excrétions alvines et urinaires. En les supposant égales de part et d'autres, les différences dans le poids total, s'il en existe, avant et après l'expérience, seront dues à celles de la transpiration. Or, on remplit suffisamment la condition d'égalité des excrétions alvines et urinaires en multipliant les expériences; par ce moyen, il peut y avoir compensation dans les différences individuelles. Voyons d'abord quels sont les résultats des expériences faites d'après ces vues : nous les soumettrons ensuite à un autre examen.

Elles ont été faites sur des cochons d'Inde, dont cinq dans l'humidité extrême, et les cinq autres dans l'air relativement sec, et dont la sécheresse allait en augmentant durant tout le cours des expériences. La durée en était de six heures, excepté dans une occasion où elle a été de huit heures.

La comparaison des poids des animaux, avant et après l'expérience, a donné des résultats qui ne peuvent guère laisser de doute sur l'influence relative de l'air sec et de l'air humide. Dans tous les cas, les pertes dans l'air sec étaient beaucoup plus considérables que dans l'air humide (1). Un coup

---

(1) *Voyez* tab. 58.

d'œil sur le tableau où les résultats numériques sont consignés, suffira pour convaincre que ces différences ne peuvent être l'effet du hasard, ou, pour m'exprimer avec plus de précision, ne sauraient être rapportées aux variétés individuelles. S'il en était ainsi, le résultat n'aurait pas été uniforme; des différences en plus ou en moins se seraient trouvées indifféremment dans l'une et dans l'autre série. De plus, elles sont considérables; ce qui ajoute beaucoup à la certitude; car, si elles étaient petites, on pourrait les négliger, à moins qu'elles ne fussent constantes dans une longue suite de faits. L'influence des variétés individuelles ne laisse pas d'être bien marquée dans le tableau que je viens de citer; mais elle se borne à faire varier l'excès des pertes dans l'air sec sur celles qui ont lieu dans l'air humide. On voit par là une confirmation de l'action puissante de l'état hygrométrique de l'air, puisqu'elle prédomine sur les causes perturbatrices qui peuvent résulter des combinaisons variées de l'organisation et de la sensibilité des individus de même espèce.

Nous n'avons rien dit du poids relatif des animaux soumis aux deux séries d'expériences comparatives : ils sont nécessairement inégaux, et ce défaut de précision rendrait les résultats incertains ou illusoires, si l'on ne trouvait moyen de remédier à cet inconvénient. Si, du côté où les pertes sont les plus grandes, les individus étaient supé-

rieurs en poids à ceux de l'autre série, on objecterait avec raison que la différence des pertes est due à l'inégalité de volume, et non aux conditions dans lesquelles ils sont placés. Mais j'ai obvié à cette objection, en plaçant les plus grands individus dans la série où je présumais, d'après les expériences sur les animaux à sang froid, que les pertes seraient moindres. C'est ce qui a eu lieu, malgré la supériorité de poids des animaux placés dans l'air saturé d'humidité. De sorte que l'obstacle même qui s'opposait à l'exactitude de nos recherches nous a fourni les moyens de nous éclairer davantage sur l'influence de l'état hygrométrique de l'air.

On pourrait attribuer ces effets, non à la diminution de la transpiration par l'air humide, mais à celle des évacuations alvines et urinaires par la même cause. Cette supposition serait également admissible si nous n'avions aucune donnée sur ce sujet. Comme ces excrétions sont sensibles, on a l'occasion d'observer l'influence qu'exerceraient sur elles ces deux états de l'atmosphère. Quoiqu'elles soient beaucoup moins soumises à l'empire des agens extérieurs, on a cependant reconnu que l'humidité de l'air tend à augmenter ces évacuations. Or, la diminution du poids du corps ayant été moindre dans l'air humide, elle ne peut être attribuée qu'à la différence de la transpiration.

Il fallait vérifier ces résultats sur d'autres ani-

maux à sang chaud; et, comme je l'ai déjà remarqué, le meilleur moyen était de les prendre parmi ceux qui diffèrent le plus des précédens par leur organisation : je les ai donc choisis parmi les oiseaux. Huit moineaux francs adultes ont été soumis à ce genre d'expériences, avec le même appareil et les mêmes précautions. Cette espèce présente ici un grand avantage pour parvenir à des résultats comparatifs. Ils diffèrent moins entre eux en poids, et sous plusieurs autres rapports individuels, que beaucoup d'autres espèces.

La vue du tableau où j'ai consigné leurs pertes dans l'air sec et dans l'air humide (1), ne laissera aucun doute sur l'influence de ces agens. Non-seulement la diminution du poids de ces animaux est constamment plus grande dans le premier cas que dans le second, ainsi que nous l'avons constaté précédemment sur des mammifères; mais les résultats sont d'autant plus satisfaisans qu'ils sont très-comparatifs. Les nombres qui les expriment diffèrent peu dans les expériences analogues, toutes les fois que leur durée n'excède pas les limites convenables : car, en la prolongeant au-delà de six heures, le défaut de nourriture et d'autres causes occasionent, comme je l'ai déjà remarqué, un état de souffrance qui, sans changer la prédominance des pertes dans l'air sec, peut augmenter la transpiration, en accélérant la respiration et la

---

(1) *Voyez* tab. 59.

circulation, etc. L'état de la respiration y contribue aussi puissamment (1).

Jusqu'ici nous n'avons considéré que les différences ; mais nous pouvons trouver le moyen d'évaluer approximativement le rapport dans lequel ces pertes ont eu lieu dans les deux cas. J'ai déterminé le poids des évacuations alvines et urinaires des huit individus de même espèce exposés à l'air libre de l'appartement, pendant six heures. J'en ai pris le terme moyen, qui, soustrait de la diminution de poids subie par ceux qui se trouvaient dans l'air sec et dans l'air humide pendant le même espace de temps, donne les quantités perdues de part et d'autres par la transpiration. On trouve, par cette opération, une perte de $1^{\text{gram.}},04$ pour ceux dans l'air sec, et de $0^{\text{gram.}},17$ pour ceux dans l'air humide. Il y a deux points de vue sous lesquels nous devons considérer ces résultats : le rapport de ces nombres et la quantité absolue exprimée par ce dernier; ce rapport est de 6 : 1; d'où il suit que la transpiration a été six fois plus abondante dans l'air sec que dans l'air humide.

Quelque grande que soit cette proportion, il

(1) A cause de cette fonction, il ne faut pas que les vases tiennent l'air exactement; mais assez pour qu'on puisse faire subir à ce fluide les changemens nécessaires dans son état hygrométrique. Les vases étaient formés de carreaux de verre réunis de manière à ce que l'air y pénétrât lentement pour entretenir la respiration.

est manifeste que, d'après les conditions des expériences qui la déterminent, elle pourrait être beaucoup plus considérable encore, puisque la sécheresse de l'air était loin d'être extrême, et qu'un plus haut degré, en augmentant les pertes par la transpiration, aurait rendu le rapport plus grand.

Ces rapports, qui expriment l'influence relative des divers états hygrométriques de l'air, sont ce qui nous intéresse le plus, parce qu'ils sont de nature à pouvoir se reproduire chez d'autres espèces, et même fournir des résultats généraux; tandis que la considération des quantités absolues ne présente le plus souvent que des données individuelles. Cependant, il ne faut pas ici les négliger entièrement. Il n'est pas indifférent de faire attention à la diminution de poids qui a lieu dans l'air à l'humidité extrême. Je me contenterai pour le moment d'observer combien peu elle était marquée. Nous avons vu que le terme moyen en a été de 9gram.,17; quantité si petite, que la transpiration semblerait en ce cas presque réduite à rien. Il en a été à-peu-près de même des expériences analogues sur les cochons d'Inde.

Ces faits paraissent très-simples; ils sont cependant très-compliqués; je les développerai dans la quatrième partie de cet ouvrage.

§ III. *Influence du mouvement et du repos de l'air.*

Nous passerons maintenant à l'influence du mouvement et du repos de l'air sur la transpiration des animaux à sang chaud. Les recherches expérimentales que nous venons d'exposer sur l'action relative de l'air sec et humide sont de nature à éclairer cette nouvelle question. Les effets de l'équilibre et de l'agitation de l'air ont des rapports intimes avec les faits précédens. La vaporisation continuelle qui a lieu autour du corps des animaux, dans un air qui n'est pas saturé d'eau, leur fait une petite atmosphère particulière, plus humide que le reste de l'air. Or, les courans renouvellent les couches qui environnent immédiatement le corps, et les remplacent par un air plus sec. Il doit donc se produire ici un effet semblable à celui que nous avons constaté plus haut. La présence d'un air relativement sec augmentera la transpiration. Elle diminuera, au contraire, dans un air calme, parce que les couches ambiantes, en se renouvelant plus lentement, seront plus imprégnées d'humidité.

Ces effets sur l'économie se déduisent nécessairement des résultats que nous avons obtenus des recherches expérimentales sur l'influence de l'état hygrométrique de l'air. Mais nous ne pouvons adopter ce raisonnement sans examen ultérieur. Nous devons examiner si le mouvement ou le repos de l'air n'aurait pas quelque autre influence

qui pût modifier la conclusion précédente. L'agitation de l'air, dans le cas qui nous occupe, ne se borne pas à remplacer un air humide par un air plus sec. La température des animaux à sang chaud élève celle du fluide en contact avec eux; dans les circonstances ordinaires, le mouvement de l'atmosphère substitue des couches plus froides à des couches plus chaudes, et enlève par conséquent plus de chaleur au corps qu'il n'en perdrait, toutes choses égales d'ailleurs, par un temps calme. Ce refroidissement tend à diminuer la transpiration, et il reste à savoir si cet effet du mouvement de l'air ne l'emporte pas sur l'autre.

Je laisserai de côté tous les raisonnemens qui serviraient à établir de quel côté doit pencher la balance, pour fonder une opinion sur des preuves plus positives. J'ai comparé les pertes par la transpiration dans l'air le plus calme que je pouvais me procurer, et dans l'air modérément agité. Voici les circonstances dans lesquelles j'ai opéré. L'appareil que j'employais pour les expériences sur l'état hygrométrique de l'air, servait en même temps à empêcher, autant que possible, l'agitation de ce fluide. Supposons des animaux placés chacun dans un vase fermé, mais assez grand pour que la respiration ne soit pas gênée; il est évident qu'il sera à l'abri des mouvemens de l'air libre de l'appartement. Des animaux de même espèce, placés dans celui-ci, seront donc exposés à un air plus agité. Si toutefois les autres conditions étaient les

mêmes ; on aurait occasion de constater les effets comparatifs du calme et du mouvement de l'air sur la transpiration. Il n'est pas possible de se procurer le même état hygrométrique dans les deux cas. Dans le vase, la transpiration rend l'air plus humide qu'au dehors, et cette condition suffit pour que la transpiration soit moindre. Si l'on prend le parti de dessécher l'air, elle sera relativement plus grande. Mais nous verrons qu'en suivant ce dernier procédé, nous tirerons de cet obstacle, qui s'oppose à l'égalité des conditions, un moyen de nous assurer davantage des effets de l'air en mouvement et en repos. On a vu commen t nous avons évalué les pertes par la transpiration dans l'air sec. Je les ai comparées avec les pertes d'animaux de même espèce à l'air libre de l'appartement, et j'ai trouvé, non-seulement sur les mammifères, mais sur les oiseaux, que les pertes étaient plus grandes dans l'air libre de l'appartement. Or, en vertu de la plus grande sécheresse de l'air dans les vases, la transpiration aurait dû y être plus abondante; mais l'air y était plus calme, et la légère agitation de l'air extérieur l'a emporté sur les effets qui seraient résultés de la seule différence de l'état hygrométrique.

Si, malgré cette inégalité de condition, la balance a été en faveur des effets de l'air libre, nous devons en conclure qu'à plus forte raison cette prédominance aurait lieu de part et d'autre s'il y avait eu même degré de sécheresse.

Nous en trouverons la confirmation dans les expériences sur le même sujet consignées dans la première partie de cet ouvrage. Nous y avons exposé les effets marqués que de légères différences dans les mouvemens de l'air produisaient sur la transpiration des vertébrés à sang froid.

Arrivés à la fin de cette nouvelle série d'expériences sur la transpiration des animaux à sang chaud, nous jetterons un coup-d'œil en arrière, pour comparer tous les résultats précédens avec nos recherches correspondantes sur les vertébrés à sang froid.

L'inspection des tableaux de la transpiration dans les différentes classes d'animaux vertébrés, suffit pour faire voir la similitude des effets produits par les mêmes agens physiques. Cet accord entre les résultats de part et d'autre fait qu'ils se prêtent un secours mutuel; et la confirmation est d'autant plus grande, que les animaux qui les fournissent présentent les plus grandes modifications de structure dans l'échelle des vertébrés. On ne saurait avoir une plus forte preuve de l'énergie d'une cause dont on veut apprécier les effets, que d'y voir indistinctement soumis des êtres qui diffèrent le plus par leur organisation.

QUATRIÈME PARTIE.

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS.

CHAPITRE PREMIER.

Des Modifications de la chaleur chez l'Homme depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte.

Ayant consacré la troisième partie de cet ouvrage à des recherches expérimentales pour constater l'influence des agens physiques sur les animaux à sang chaud, je n'ai pas parlé de l'homme, parce qu'il ne pouvait être soumis à l'expérience.

Les résultats que j'ai obtenus sont tellement uniformes, qu'ils s'appliquent nécessairement à tous les animaux à sang chaud. Je dis nécessairement, parce que la force de l'analogie nous y entraine. Il n'y en a pas d'autres preuves; il ne saurait y en avoir; car jamais on n'établira des vérités générales, en physiologie, sur des preuves directes, fondées sur l'examen de chaque individu, ou même de chaque espèce. On ne peut espérer d'arriver jamais à les connaître toutes; et à

coup sûr, on ne les soumettra pas au même genre d'observations et d'expériences.

Il faut donc se borner dans ces recherches ; mais ce n'est qu'après avoir assez multiplié les faits particuliers pour que la force d'analogie amène la conviction. Malheureusement, il n'y a pas là de limite bien tracée ; elle varie suivant les esprits, qui sont plus ou moins exigeans pour le nombre et la nature des faits, et les espèces d'animaux auxquelles on applique les principes qui résultent de ces faits.

Considéré sous le rapport de la structure, l'homme a été rangé dans la classe des *mammifères*, non d'après le seul caractère que cette dénomination exprime, mais d'après une foule d'autres.

Unique par son intelligence, il se rapproche des mammifères par les nécessités de la vie, communes à tous les êtres qui ont une organisation semblable.

Comme eux les forces mécaniques le détruisent, et son intelligence ne lui sert que pour opposer à ces forces des forces de même nature.

L'homme souffre, comme eux, des extrêmes de chaleur et de froid, et y succombe de même s'il ne trouve, dans l'étude qu'il a faite de ces agens destructeurs, le moyen d'opposer l'un à l'autre.

Il n'est pas moins asservi à la nécessité du contact et du renouvellement de l'air, sans lesquels sa vie s'éteindrait aussi promptement que celle des animaux de la même classe.

Il n'a aucun privilége d'organisation capable de le soustraire à l'empire des lois physiques qui président à la formation des vapeurs, et en vertu desquelles une partie de l'eau qu'il contient se dissipe dans l'atmosphère, ni une sensibilité si spéciale que la fonction par laquelle la peau porte au dehors une partie de ce même liquide, ne soit soumise, comme chez les mammifères, à l'influence de la température extérieure.

Comme espèce, il sera affecté par ces divers agens dans la mesure qui lui est propre, mais de la même manière que les autres mammifères : en cela chaque espèce, je dirai plus, chaque individu, et le même à différentes époques de sa vie a sa mesure particulière. Comme espèce, il rentrera donc dans le groupe que nous avons étudié dans la troisième partie de cet ouvrage, et les vérités générales que nous y avons établies lui seront également applicables.

Nous nous occuperons d'abord des modifications, dans la faculté de produire de la chaleur, qui doivent avoir lieu chez l'homme, en vertu de l'âge, d'après les observations et les expériences que nous avons faites sur les animaux à sang chaud.

Il en résulte que cette faculté chez l'enfant nouveau né sera à son minimum, et qu'elle s'accroîtra successivement jusqu'à l'âge adulte.

Nous avons constaté que les animaux à sang chaud, à leur naissance, différaient entre eux par

un phénomène remarquable, relatif à la chaleur animale. Les uns, lorsqu'on les expose à l'air, soit au printemps, soit en été, se refroidissent à-peu-près comme les vertébrés à sang froid; les autres, dans les mêmes circonstances, conservent une chaleur élevée et constante.

Nous avons donné des caractères extérieurs qui peuvent servir à les distinguer sous ce rapport. Les espèces, parmi les mammifères, qui naissent les yeux fermés, forment le premier groupe; celles qui naissent les yeux ouverts appartiennent au second.

Telle est aussi la condition de l'homme. L'enfant nouveau né aura donc, comme ces dernières espèces, la faculté de conserver une température élevée, à-peu-près constante dans les saisons chaudes.

Nous avons supposé ici que l'enfant naissait à terme; mais s'il venait vers le cinquième ou le sixième mois, les phénomènes seraient différens.

Quoiqu'à cette époque il naisse les yeux ouverts, il arrive ordinairement que sa pupille est encore fermée par une membrane que, d'après sa situation, on appelle *pupillaire*. Ce caractère, tiré de l'état des yeux, me paraît équivalent à l'occlusion des paupières. Nous en conclurons, par analogie, que la faculté de produire de la chaleur serait si faible que sa température serait très-basse.

Cherchons maintenant à vérifier ces conclusions par des observations directes. Nous n'aurons pas

souvent cette ressource; car il est évident que nous ne saurions soumettre l'homme aux diverses épreuves que nous faisons subir aux animaux.

Un enfant né à terme et séparé de sa mère, exposé à une chaleur douce, n'éprouve guère de variation dans sa température. Il est vrai qu'on ne s'aviserait pas de le dépouiller de ses vêtemens pour juger de sa faculté de conserver sa chaleur par une longue exposition à l'air; mais j'ai fait voir précédemment que cette épreuve n'est pas nécessaire. Les mammifères nouveau nés qui se refroidissent à l'air à-peu-près comme des animaux à sang froid, ont beau être bien recouverts, leur température ne laisse pas de baisser, quoique cet effet ait lieu alors plus lentement.

L'enfant nouveau né appartient donc au second groupe, comme nous l'avons conclu du caractère fourni par l'état des yeux.

S'agit-il maintenant de déterminer si l'homme à sa naissance produit moins de chaleur que dans la suite; nous n'exposerons pas des individus de différens âges à un froid artificiel pour juger, par la différence dans l'abaissement de leur température, de leur faculté respective de développer de la chaleur, ainsi que nous l'avons fait pour les animaux. Ne pouvant faire de pareilles expériences, j'y substituerai des observations qui fourniront des données suffisantes.

Je n'ai pas considéré de légères différences dans la température des animaux, comme des indica-

tions suffisantes d'une différence correspondante dans leur faculté de produire de la chaleur; c'est pourquoi j'ai eu recours, dans les recherches que j'ai exposées dans la troisième partie, à la méthode des refroidissemens artificiels. Après m'être assuré par ce moyen que les jeunes mammifères qui naissent les yeux ouverts produisent moins de chaleur que les adultes, nous pouvons tirer parti des observations que j'ai faites sur leur température naturelle.

Tous les individus de ce groupe que j'ai examinés ont habituellement, à leur naissance et quelque temps après, une température plus basse que celle de leurs parens. J'ai observé, à cet égard, des différences de 1° ou 2° centigrades. Ce caractère, dans le cas dont il s'agit, est donc un indice d'une grande valeur de la différence dans la faculté de produire de la chaleur. Dans toute autre circonstance je n'en tiendrais aucun compte, jusqu'à ce que j'eusse d'autres faits à l'appui.

Si une pareille différence existe dans la température de l'homme à ces deux époques de la vie, nous n'hésiterons pas à la regarder comme une preuve suffisante d'une différence dans sa faculté de produire de la chaleur, telle que nous l'avons constatée chez les mammifères.

On a souvent pris la température de l'homme adulte; et comme elle n'est pas la même chez tous les individus, il s'agit d'en assigner les limites et

le terme moyen. Elle diffère aussi suivant la région du corps où on la détermine. A la bouche, elle est ordinairement un peu supérieure à celle des parties extérieures du tronc, de quelques fractions de degré à un degré entier. Pour établir une comparaison entre l'adulte et l'enfant nouveau né, il est nécessaire d'appliquer le thermomètre aux mêmes endroits. Comme on ne saurait bien constater la température de la bouche de l'enfant, il faut choisir l'aisselle.

En prenant ainsi la température de vingt adultes, il en est résulté qu'elle a varié entre 35°,5 et 37° centigrades, dont le terme moyen était 36°,12, ce qui s'accorde avec les meilleures observations. On a négligé d'en faire sur les enfans nouveau nés. Mon ami M. Breschet m'en a facilité les moyens. Il a permis qu'on prît, dans les salles de son hôpital, la température de dix enfans bien portans, âgés de quelques heures à deux jours. Les limites des variations ont été de 34° à 35°,5. Le terme moyen de toutes les températures individuelles fut de 34°,75. Leur température est donc inférieure à celle des adultes ; rapport prévu par l'analogie et confirmé par l'observation. Je le répète, je n'aurais tiré aucune conclusion d'une si légère différence si les expériences nombreuses faites sur les animaux à sang chaud ne m'en eussent donné l'interprétation ; si je n'eusse pas constaté que, dans les premiers temps de la vie, les animaux produisent moins de chaleur, et qu'une pareille

différence dans leur température naturelle coïncide alors avec cette modification de la fonction.

J'ai désiré pouvoir vérifier une autre conclusion tirée de l'analogie. Elle est relative à la température des enfans nés long-temps avant terme. L'occasion est rare, mais elle s'est présentée. M. Dagneau, accoucheur d'une dame dont j'étais le médecin, me fit avertir qu'elle venait d'être délivrée d'un enfant à sept mois. L'accouchement avait été tellement facile, que l'enfant était venu avant qu'on pût appeler du secours. Deux ou trois heures après sa naissance, je le trouvai bien portant, bien emmailloté et près d'un bon feu. Je pris sa température à l'aisselle, et je la trouvai de 32° centigrades. Cette différence de température est remarquable, et prouve évidemment que l'homme suit pour la production de chaleur le rapport de l'âge que nous avons constaté chez les animaux à sang chaud.

Au degré de développement où cet enfant est né, la membrane pupillaire n'existe ordinairement plus. Il pourra donc conserver une chaleur élevée quoique inférieure à celle des enfans nés à terme, lorsque la température de l'air est douce.

S'il venait au monde assez long-temps avant la disparition de sa membrane pupillaire, point de doute, d'après les faits que nous venons de rapporter, que sa faculté de produire de la chaleur serait si faible, qu'elle ne différerait guère de celle des jeunes mammifères qui naissent les yeux fermés.

CHAPITRE II.

De l'Influence du Froid sur la mortalité à différens âges.

Ces faits établis, occupons-nous des conséquences qui en dérivent : lorsque la faculté de développer de la chaleur n'est pas la même ; la vitalité sera différente. D'abord, les rapports avec la température extérieure changeront nécessairement. Le besoin de chaleur et la faculté de supporter le froid ne sauraient être les mêmes là où le foyer intérieur n'a pas la même activité. C'est un des rapports les plus intéressans à connaître ; car il n'y a guère d'agent extérieur qui ait plus d'influence sur la vie que la température de l'air. C'est aussi celui que nous pouvons le plus modifier pour l'approprier à nos besoins ; et dans les circonstances où nous n'en avons pas les moyens, comme lorsque nous sommes exposés à l'air libre, nous avons d'autres ressources qui peuvent y suppléer. Jusqu'ici nous n'avons été guidés dans les soins que nous prenons à cet égard que par l'instinct, ou par ce genre d'observation qui est à la portée de tout le monde. Mais il faut une connaissance plus intime de nos rapports avec la température extérieure pour bien régler l'usage des moyens propres à nous garantir des effets nuisibles de la chaleur et du froid.

Voyons d'abord comment ces relations varient

suivant les modifications dépendantes de l'âge ; que nous avons exposées dans le chapitre précédent.

L'instinct porte les mères à tenir leurs enfans chaudement. Des philosophes, par des raisonnemens plus ou moins spécieux, les ont engagées, à différentes époques et dans divers pays, à s'écarter de ce principe, en leur persuadant que le froid extérieur fortifierait la constitution des enfans, comme il fait celle des adultes. Nous examinerons cette question par la voie de l'expérience, pour nous régler d'après l'observation de la nature, et non d'après les opinions variables des hommes.

Commençons par les jeunes animaux à sang chaud qui produisent le moins de chaleur ; les mammifères qui naissent les yeux fermés, et les oiseaux qui éclosent sans plumes.

Ils sont la plupart du temps soustraits à l'action de la température extérieure, réchauffés dans leur nid par leur contact mutuel, et surtout par leur mère. Exposés à l'air au printemps et en été, ils n'excéderaient la température de l'air que d'un ou deux degrés dans les premiers temps de la vie. Ils n'ont donc, pour ainsi dire, pas de température propre. Mais celle qu'ils ont habituellement dans les circonstances que je viens d'indiquer, diffère peu de celle de leurs parens. Ils en ont une par le fait, et à-peu-près aussi élevée que celle des adultes, quoiqu'elle soit presque entièrement artificielle. Ce fait rend très-présumable que cette

chaleur est nécessaire pour l'entretien de leur vie; mais ce n'est pas une preuve suffisante : l'application de la chaleur pourrait servir à leur développement plus rapide ou à d'autres usages, sans être indispensable à leur conservation.

Puisqu'ils produisent peu de chaleur, ne vivraient-ils pas avec une température à peine supérieure à celle de l'air, comme font les reptiles et les poissons? Nous ne saurions décider la question par les faits que nous avons rapportés relativement à ces jeunes animaux. Nous savons bien que l'exposition à l'air fait baisser considérablement leur température, mais nous n'avons pas examiné le résultat de ce refroidissement : nous allons nous en occuper.

Le 12 février 1819, un chat nouveau né éloigné de sa mère, et exposé à l'air dont la température était de 14°, s'étant refroidi, en 9ʰ, à 18°, était roide, et pouvait à peine faire de légers mouvemens.

Le mois suivant, l'air de l'appartement étant à 10°, j'y exposai deux petits chats âgés d'un jour, et qui avaient 37°. Au bout de 2ʰ 25′ la température de l'un était descendue à 17°, celle de l'autre à 18°; ils étaient devenus roides et presque insensibles.

Au mois de janvier de la même année, quatre petits chiens, nés de la veille, avaient 35° à 36°; l'air de l'appartement était à 11°. Le refroidissement qu'ils y subirent, depuis 9ʰ du matin jusqu'à

10^h du soir, fit baisser leur température à 13° et 14°. Ils étaient alors tellement affaiblis, qu'ils étaient presque sans mouvemens.

Les symptômes d'affaiblissement et de souffrance commencent à se manifester peu après leur exposition à l'air, et augmentent à mesure que leur température baisse. Il en est de même des jeunes oiseaux qui, à leur naissance, produisent le moins de chaleur.

Ils peuvent ainsi mourir de froid par l'exposition à l'air aux degrés de température extérieure que je viens d'indiquer; température qui, bien loin d'être rigoureuse, correspond à-peu-près à la chaleur moyenne de l'année; mais ils mourraient aussi par le refroidissement à l'air dans les chaleurs du printemps et de l'été.

Quoique l'abaissement soutenu de leur température par l'exposition à l'air leur soit funeste, c'est une chose remarquable combien de temps ils peuvent souffrir un refroidissement considérable. Des chiens et des chats nouveau nés peuvent vivre deux ou trois jours avec une température de 20°, et même de 2° ou 3° au-dessous. Mais il ne faut pas que l'air extérieur soit trop froid, sans quoi ils seraient bientôt privés de sentiment et de mouvement; et cet état de mort apparente ne tarderait pas à être suivi de la mort réelle.

Lorsqu'ils paraissaient sur le point d'expirer, comme dans les observations que j'ai citées plus haut, je les ranimais facilement, en les réchauffant

devant le feu, ou par l'immersion dans un bain.

Lors même qu'ils sont privés de tout mouvement et qu'ils semblent morts, on les rétablit promptement par les mêmes moyens, pourvu qu'on ne tarde pas à les appliquer.

Nous voyons, par les faits que je viens de citer, que ce groupe de jeunes animaux supportent un abaissement considérable de leur température sans mourir. Il y a plus; si on ne les laisse pas trop long-temps dans cet état languissant, et qu'on les réchauffe convenablement, ils sont susceptibles d'être refroidis de même à plusieurs reprises. Je m'en suis assuré sur un grand nombre d'individus, parmi les mammifères et les oiseaux.

Ce n'est pas qu'ils subissent ces épreuves sans inconvénient : les phénomènes qu'ils présentent prouvent le contraire ; mais ils y survivent pour la plupart, si elles ne sont ni trop répétées ni trop prolongées, sans quoi elles seraient mortelles.

Cette facilité de se rétablir après un grand abaissement de température ne persiste pas au même degré avec les progrès de l'âge. Je refroidis artificiellement des oiseaux de diverses espèces, telles que des geais, des pies, des loriots, etc., à l'époque où ils étaient à-peu-près couverts de plumes. Leur température fut réduite chez les uns à 20°, chez les autres à 18°. Ils n'avaient été exposés au froid que pendant peu de temps. Ils étaient alors très-faibles, et semblaient près d'expirer : cepen-

dant ils ne laissèrent pas de se ranimer aussi promptement et aussi bien en apparence que les oiseaux plus jeunes; mais ce rétablissement ne fut pas de longue durée : la plupart périrent dans l'espace d'un ou deux jours.

L'abaissement de température du corps n'est donc pas également nuisible dans les différens âges : il l'est d'autant moins que les animaux sont plus jeunes. Or, il y a ici un autre rapport qu'il est important de saisir : nous voyons que c'est à mesure que la faculté de développer la chaleur s'accroît que la faculté de supporter l'abaissement de la température du corps diminue; et pour nous assurer qu'il y a une relation intime entre ces deux termes, telle que je viens de l'exposer, comparons de la même manière les adultes de différens groupes de vertébrés; les animaux à sang froid, les mammifères hibernans et les autres animaux à sang chaud. En les disposant de la sorte, ils forment une échelle dans laquelle la chaleur animale va en croissant. Les reptiles et les poissons, qui en occupent les degrés inférieurs, sont précisément, comme tout le monde sait, ceux qui supportent le mieux l'abaissement de la température du corps; et les mammifères hibernans, inférieurs pour la chaleur aux autres animaux à sang chaud, ont sur eux l'avantage de pouvoir vivre avec une réduction de température qui ferait périr ceux-là.

De même j'ai fait voir que les jeunes animaux à sang chaud ont une faculté d'autant plus grande

de supporter des abaissemens de température, qu'ils produisent moins de chaleur : j'en vais montrer la nécessité.

Quelque soin que les parens prennent de leurs petits, ils ne peuvent pas toujours rester auprès d'eux pour maintenir leur température à un degré élevé, s'ils sont de la tribu qui naissent les yeux fermés ou sans plumes. Aussitôt qu'ils les quittent pour pourvoir à leur subsistance, la température des petits commence à baisser plus ou moins, suivant qu'ils se tiennent éloignés ou rapprochés les uns des autres et que leur nid est bien ou mal garni. Leur température s'abaisse donc d'un assez grand nombre de degrés ; et si ce refroidissement leur était aussi nuisible qu'à des individus qui produisent plus de chaleur, la plupart périraient. Toutefois, si leur constitution est telle qu'ils peuvent en général subir sans inconvénient grave les abaissemens de température qui résultent de l'absence de leurs parens, cette cause ne doit pas laisser d'en faire périr un assez grand nombre.

Quels que soient l'instinct et la sollicitude des mères, elles n'ont pas ces facultés à un tel degré de perfection qu'elles puissent mesurer la durée de l'absence au degré de refroidissement que les petits peuvent supporter sans danger. Quand même il en serait ainsi, le temps pendant lequel elles s'absentent, quel que soit leur empressement, est ordinairement déterminé par celui qu'il faut pour se procurer une nourriture suffisante. Elle n'est

pas toujours facile à trouver, et les délais que sa recherche exige doivent souvent être tels que les petits se refroidissent au point que leur santé en souffre.

Les autres jeunes animaux à sang chaud ne sont pas exposés à de pareils refroidissemens, parce qu'ils naissent avec une source plus abondante de chaleur. Mais si la température extérieure était telle qu'elle fît baisser celle de leur corps au même degré et aussi fréquemment que chez le groupe de jeunes animaux dont nous venons de parler, il en résulterait une mortalité beaucoup plus grande. C'est là le danger auquel ils seraient exposés s'ils naissaient en hiver : aussi pourrait-on déduire de là que la nature y a pourvu, en évitant, en général, de les produire dans cette saison rigoureuse. C'est ce qu'elle a presque toujours fait pour les animaux sauvages, qui naissent avec le plus grand développement de chaleur. Quel qu'il soit, il ne suffirait pas pour qu'ils supportassent le froid de nos climats dans les premiers temps de la vie; et comme ils sont en même temps plus forts, plus actifs et plus indépendans, leur mère ne saurait les garantir de l'intempérie de l'air. Ils viennent donc, pour l'ordinaire, au printemps ou au commencement de l'été, et dans le cours de la belle saison. Leur faculté de produire de la chaleur augmentant successivement, ils sont mieux en état de résister aux rigueurs de l'hiver suivant.

L'homme, qui exerce un si grand empire sur les

animaux domestiques, et qui peut en disposer de manière à régler les époques de leur naissance, imite ordinairement cette prévoyance de la nature; et lorsqu'un intérêt particulier l'engage à y déroger, il peut y suppléer par les ressources de son industrie.

Voici le résumé général des faits relatifs à l'influence du froid, à différentes époques de la vie, depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte.

Il faut distinguer deux choses, le refroidissement du corps et la température capable de le produire. Quant au refroidissement du corps, abstraction faite de sa cause, il est d'autant moins nuisible que l'individu est plus jeune.

Abaissez la température du corps de deux individus de même espèce, d'un égal nombre de degrés, le plus jeune en souffrira le moins, et sa santé se rétablira plus parfaitement.

Mais, pour abaisser d'un même nombre de degrés la température du corps d'individus d'âges différens, il faut des degrés différens de froid extérieur. Pour produire cet effet, il faut que la température extérieure soit d'autant plus basse que l'individu est plus près de l'âge adulte.

D'une part, si les plus jeunes souffrent moins d'un même abaissement de température du corps, d'autre part ils se refroidissent plus facilement. C'est de cette dernière disposition que dépend principalement la mortalité à différentes époques de la vie, depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte,

en tant qu'elle résulte de l'influence du froid extérieur sur les animaux à sang chaud ; car dans l'échelle des variations de la température extérieure, les plus jeunes animaux sont plus fréquemment exposés à être refroidis par des degrés qui n'auraient aucune influence nuisible sur les autres. De là une cause de plus grande mortalité; de là également la nécessité de les mettre d'autant plus à l'abri du froid qu'ils sont plus jeunes.

CHAPITRE III.

Application momentanée du Froid.

Je suppose que le refroidissement ne soit pas de nature à mettre la vie en danger, et qu'il soit de courte durée; pour donner de la précision aux idées, le refroidissement consistera dans un abaissement de la température du corps. Lorsque ensuite elle est rétablie, il s'agit de savoir si tout l'effet du refroidissement est passé, s'il n'en reste pas quelques traces dans l'économie.

Quoique les animaux préalablement refroidis aient repris leur température, il ne s'ensuit pas qu'ils aient la même faculté de produire de la chaleur. C'est ce que nous avons soigneusement distingué dans le cours de cet ouvrage : nous allons en faire une nouvelle application.

Après le retour à leur température primitive, si cette faculté n'a éprouvé aucun changement, il faudra, en répétant le refroidissement, à-peu-près le même temps pour les ramener au point de départ. Mais j'ai observé, en refroidissant et en réchauffant successivement les mêmes individus, que le temps qu'exige le rétablissement de la température initiale devient plus long par la répétition du refroidissement. Leur faculté de produire de la chaleur

a donc diminué; car, lorsqu'on les réchauffe, leur température s'élève en partie par la chaleur qu'ils reçoivent du dehors, en partie par celle qu'ils produisent. Or, comme celle-là est constante dans les diverses expériences, la lenteur avec laquelle leur température s'élève dépend de ce qu'ils développent alors moins de chaleur.

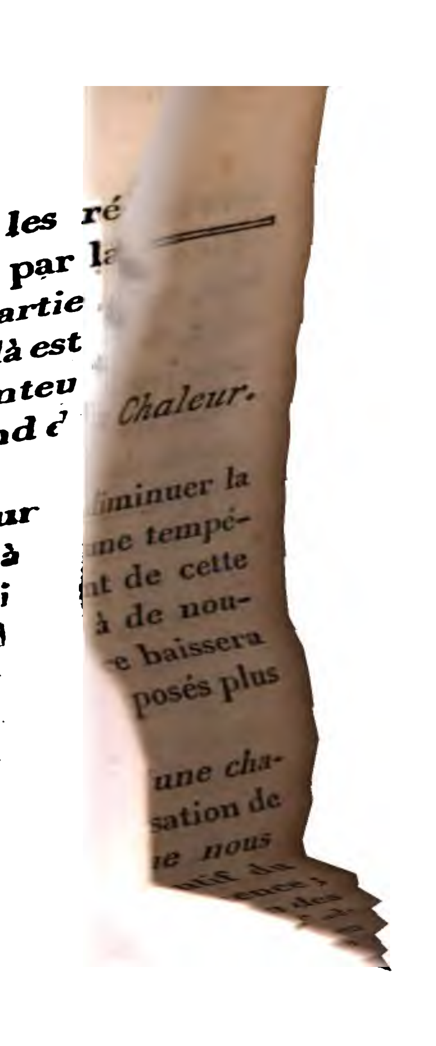
Ainsi, lorsqu'on a été exposé à un degré de froid au-dessous de celui qui convient à l'économie, quoique la température du corps ait repris son premier degré après l'application de la chaleur extérieure, il n'en subsiste pas moins pour un temps une diminution dans la faculté de produire de la chaleur; et plus on est exposé à l'action répétée de cette cause, pourvu que les intervalles ne soient pas trop longs, plus cet effet augmente.

Sans la connaissance des faits que nous avons exposés sur la chaleur animale, on serait tenté d'attribuer, comme on l'a fait jusqu'à présent, la continuation du sentiment de froid, long-temps après la cessation de la cause, uniquement à la durée naturelle de toute sensation forte. Mais il y a plus que la persistance d'une impression vive, plus qu'une simple affection du système nerveux; il y a altération de fonction, il y a une diminution dans la production de chaleur; et la sensation de froid persiste, parce que le foyer que nous avons en nous-mêmes ne fournit plus aussi abondamment aux besoins de l'économie.

Un hiver rigoureux que la Seine était prise, un

jeune homme voulut la traverser; la glace trop faible céda sous ses pieds, il tomba dans l'eau; mais, vigoureux et adroit, il s'en tira heureusement. Sa santé n'en souffrit pas; mais pendant trois jours, il eut une sensation continuelle de froid. C'est un fait analogue à ceux que j'ai rapportés dans les expériences précédentes : un refroidissement vif a agi sur la faculté de produire la chaleur en la diminuant sensiblement, pendant un espace de temps assez long, après l'application du refroidissement. Et alors même que la chaleur sensible est parfaitement rétablie, après un pareil froid extérieur, tout l'effet n'en est pas détruit. La faculté de produire la chaleur n'a pas repris toute sa force; car on ne saurait, quelque temps après, s'exposer sans inconvénient à un degré de froid qu'on supportait auparavant sans malaise.

ic diminué; car, lorsqu'on les ré
empérature s'élève en partie par la
reçoivent du dehors, en partie
produisent. Or, comme celle-là est
les diverses expériences, la lenteu
e leur température s'élève dépend d
oppent alors moins de chaleur.
nsi, lorsqu'on a été exposé à ur
au-dessous de celui qui convient à
que la température du corps ai
ier degré après l'application d
ieure, il n'en subsiste pas mo
s une diminution dans la facul
chaleur; et plus on est exposé
de cette cause, pourvu que les
t pas trop longs, plus cet effet
ns la connaissance des faits
és sur la chaleur animale,
ibuer, comme on l'a fait jus
nuation du sentiment de fr
s la cessation de la cause,
e naturelle de toute sensatio
s que la persistance d'une
qu'une simple affection du
altération de fonction, il y
la production de chaleur;
l persiste, parce que le foy
ous-mêmes ne fournit pl
t aux besoins de l'économ
n hiver rigoureux que la S



Chaleur.
iminuer la
ne tempé-
t de cette
à de nou-
e baissera
posés plus
une cha-
sation de
e nous

homme voulut la traverser; la glace
sous ses pieds, il tomba dans l'eau
... reux et adroit, il s'en tira heureuse-
... nté n'en souffrit pas; mais pendant
... il eut une sensation continuelle
... fait analogue à ceux que j'ai rap-
... expériences précédentes : un re-
... agi sur la faculté de produire
... diminuant sensiblement, pen-
... temps assez long, après l'ap-
... ssement. Et alors même que
... parfaitement rétablie, après
... tout l'effet n'en est pas
... la chaleur n'a pas
... se serait, quelque
... à un de-
... auparavant sans ma-

trer de ce prin-
de la chaleur
ment au-delà du
u'elle agit de la
er, toutes les fois
leur ; hors de là
ous allons exposer

CHAPITRE IV.

Application momentanée de la Chaleur.

Après un refroidissement capable de diminuer la production de chaleur, le séjour dans une température élevée favorise le rétablissement de cette faculté; car, en exposant les animaux à de nouveaux refroidissemens, leur température baissera d'autant moins vite qu'ils auront été exposés plus long-temps à la chaleur.

Il s'ensuit que l'effet de l'application d'une chaleur convenable se prolonge après la cessation de la cause. C'est la contre-partie de ce que nous avons exposé relativement à l'effet consécutif du refroidissement : c'en est aussi une conséquence; mais il est bon d'y insister, parce que dans bien des cas, on est porté à réduire l'effet consécutif de l'application de la chaleur à la sensation qui en résulte. Il y a plus que la durée de cette impression première : la faculté de développer de la chaleur s'est accrue.

On voit par là que lorsqu'on est dans le cas d'être souvent exposé à un froid très-vif, on se dispose mieux à le supporter en se procurant dans les intervalles une forte chaleur; usage des peuples du Nord justifié par les faits précédens.

Il est nécessaire de se bien pénétrer de ce principe, que l'application passagère de la chaleur produit des effets qui se continuent au-delà du temps de son application, et qu'elle agit de la manière que nous venons d'exposer, toutes les fois que l'économie a besoin de chaleur; hors de là d'autres effets s'ensuivent, que nous allons exposer dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V.

Influence des Saisons sur la production de Chaleur.

Dans les régions où la température subit de grandes variations dans le cours de l'année, l'homme et les vertébrés à sang chaud, lorsqu'ils ont une constitution appropriée au climat, ne laissent pas d'y vivre avec ce sentiment de bien-être et de force qui constitue la santé.

Tout ce que nous remarquons bien en nous-mêmes dans la diversité des saisons, c'est la différence des sensations qui résultent des changemens dans les conditions extérieures. Si nous bornons là nos observations, nous ne trouvons rien d'étonnant dans la facilité avec laquelle nous subissons l'influence des saisons opposées; car il est de l'essence de notre être d'éprouver une variété de sensations compatibles avec la longue durée de la vie; et si elle dépendait d'un degré déterminé de température, elle serait aussi passagère que cette température même. Il est donc de toute nécessité que nous puissions nous accommoder de températures diverses. Si, dans les commencemens d'une saison, nous éprouvons une impression désagréable de la chaleur et du froid, elle s'ef-

face bientôt, et nous l'attribuons à une propriété de la sensibilité en vertu de laquelle les affections vives s'émoussent par la répétition même de l'impression. C'est ce que nous appelons l'effet de l'habitude. Ainsi, le sentiment et la réflexion concourent à nous persuader, lorsque nous jouissons d'une santé parfaite, que nous n'éprouvons d'autre changement essentiel, dans le cours des saisons, que dans le degré de notre sensibilité. Ainsi rien de plus naturel que de penser que nous avons tout expliqué lorsque nous disons que nous supportons les diverses températures des saisons, hors lès cas extrêmes, toujours nuisibles à l'économie, parce nous nous y accoutumons; et d'autant mieux lorsqu'on passe, comme dans les climats tempérés, par des nuances insensibles aux limites opposées de chaleur et de froid, condition la plus favorable aux effets de l'habitude.

Cependant, il est un phénomène relatif à l'état du corps, pendant les diverses saisons, qu'on ne saurait expliquer par l'habitude, parce que c'est un état physique qui doit dépendre d'autres conditions physiques dans l'économie, quelle que soit leur cause première. C'est la température du corps dans le cours de l'année. Avant qu'il y eût des moyens exacts pour la déterminer, on n'ignorait pas qu'elle est très-haute en hiver, et bien supérieure à celle des corps environnans; mais on devait croire qu'elle s'élevait successivement

avec la chaleur extérieure pour revenir ensuite avec le déclin de l'année à son point de départ.

Aussi n'y eut-il aucun phénomène de chaleur découvert par l'application du thermomètre qui excitât plus d'étonnement que la constance de la température de l'homme et des animaux des classes supérieures. L'explication en resta long-temps hypothétique, jusqu'à ce qu'on eut découvert un nouvel ordre de faits. Dès qu'on reconnut dans la formation des vapeurs une cause physique de refroidissement, on se servit de ce principe pour se rendre compte de cette uniformité de la chaleur animale. La transpiration devient plus grande à mesure que la chaleur de l'air s'accroît; la formation plus abondante de vapeurs enlève plus de chaleur au corps; et de la compensation entre cette source de refroidissement et l'élévation de la chaleur extérieure pouvait résulter l'égalité de la température du corps.

Cette cause influe sans doute pour tempérer la chaleur; nous en donnerons les preuves fondées sur l'expérience dans un autre endroit de cet ouvrage; mais elle est insuffisante; et, sans nous arrêter ici à la démontrer par des faits relatifs à la transpiration, nous ferons voir qu'il y a un autre élément très-important qui entre dans la solution de la question.

En attribuant à la transpiration le pouvoir de régler la température, on suppose nécessairement

que la production ou développement de chaleur reste la même dans les diverses saisons. Mes premières recherches sur la chaleur animale m'en ont fait douter. Dès que j'eus constaté que la faculté de produire la chaleur différait beaucoup par le progrès de l'âge, depuis l'enfance jusqu'à l'âge adulte, je devais être conduit à penser que d'autres causes pourraient y amener de grands changemens, surtout la succession des saisons, dont j'avais étudié les effets sur la constitution des vertébrés à sang froid.

On a vu dans la troisième partie de cet ouvrage que les expériences que j'ai faites à ce sujet avaient rempli cette attente.

D'après ces faits et d'autres que nous avons rapportés, voici comment nous présenterons l'influence des saisons considérées sous le rapport de leur température, en faisant abstraction des effets de la vaporisation, que nous exposerons ailleurs.

Nous distinguerons à cet égard deux classes d'individus chez l'homme et les animaux à sang chaud : ceux dont la constitution est parfaitement en harmonie avec le climat, et ceux auxquels il ne convient pas. Les premiers subissent des changemens en rapport avec la saison, qui leur permettent le libre usage de leurs facultés, et cette jouissance de la vie qui constitue la santé. A mesure que la température s'abaisse, leur source intérieure de chaleur augmente. Elle s'accroît successivement

et atteint son maximum en hiver; elle décline ensuite avec l'élévation et la durée de la chaleur extérieure. Voici donc un nouvel élément qui doit entrer dans l'explication de l'égalité de température du corps. Considérons-le à part, comme si cette cause seule suffisait pour produire cet effet. La température du corps dépendra de la chaleur produite et de la chaleur communiquée. Leur proportion respective pourra varier sans que la température du corps varie. Il y aura ainsi compensation entre la chaleur qui vient du dehors et celle qui se développe à l'intérieur; l'excès de l'une suppléera au défaut de l'autre. Mais l'économie n'acquiert cette faculté de s'accommoder à la température extérieure qu'avec la marche lente et progressive des saisons : du moins elle ne l'acquiert au plus haut degré que par ce moyen.

Si en été il survenait un froid subit aussi vif que celui que nous pouvons supporter en hiver, le corps serait, pour ainsi dire, pris au dépourvu; la faculté de produire de la chaleur étant alors réduite à son moindre degré, celle qui est enlevée ne serait plus suffisamment réparée. A cet égard, nous différons de nous-mêmes en été et en hiver de la même manière, mais à un moindre degré, que les jeunes animaux à sang chaud diffèrent des adultes. Si les premiers résistent moins au froid, c'est qu'ils ne peuvent pas développer autant de chaleur. Chez eux, cette faculté s'accroît sous l'in-

fluence de température douce, par les progrès de l'organisation; chez les adultes, par l'impression ménagée du froid dans des degrés et des durées appropriées à leur être.

De même, lorsque la constitution de l'hiver est acquise, une élévation passagère de la température extérieure, à moins qu'elle ne soit excessive, influe peu sur la faculté de produire de la chaleur; elle continue à se développer avec abondance; il faut, pour la diminuer sans nuire à la santé, que la chaleur de l'air s'élève lentement et se soutienne long-temps.

Ces changemens n'ont pas lieu chez tous les individus du même pays. Il en est qui ne sont pas appropriés à cette grande étendue de variations dans la température extérieure. Le froid qu'ils peuvent supporter sans inconvénient est beaucoup moindre, parce qu'ils n'ont pas les mêmes ressources pour réparer les pertes de chaleur. Au-dessous de cette limite, le froid produit sur eux un effet inverse de celui que nous avons décrit plus haut: au lieu d'augmenter la production de chaleur, il la diminue. Le type de ces constitutions se trouve chez les jeunes animaux à sang chaud et les mammifères hibernans. Ils en présentent les caractères d'une manière plus marquée; mais les nuances chez les autres individus, soit parmi les autres animaux à sang chaud, soit parmi les hommes, pour être plus faibles, n'en sont pas moins de même nature.

Lorsqu'on ne considère dans les mammifères

hibernans que la faculté qu'ils ont de s'engourdir, un intervalle immense semble les séparer des autres animaux de leur classe ; mais lorsqu'on les envisage sous le rapport de la fonction qui nous occupe, et qui paraît intimement liée avec cette disposition, on passe, pour ainsi dire, par une gradation insensible aux mammifères qui en paraissent les plus éloignés. Nous avons fait voir que les espèces hibernantes occupaient les derniers rangs dans l'échelle de production de chaleur, parmi les animaux à sang chaud adultes. Nous les avons confondues dans un même groupe sans distinction entre elles, parce que toutes sont susceptibles de présenter des phénomènes communs, un abaissement semblable de température, une léthargie profonde et prolongée. Mais les mêmes circonstances ne les produisent pas au même degré chez toutes, et l'inégalité des effets d'une même température extérieure sur celle de leur corps fait découvrir, chez les diverses espèces, des différences considérables dans la faculté de produire de la chaleur. Aux deux extrémités se trouvent d'une part les chauves-souris, d'autre part les marmottes, en me bornant à l'énumération que j'ai donnée des animaux de cette tribu.

De toutes ces espèces, les chauves-souris se refroidissent le plus facilement ; elles diffèrent même beaucoup des espèces qui les suivent immédiatement, et un intervalle considérable les sépare des marmottes.

Il y a, parmi les mammifères adultes qui ne passent pas l'hiver dans l'engourdissement, des espèces très-voisines de ce groupe par le peu de chaleur qu'elles produisent : les souris sont de ce nombre. J'ai été surpris, en les exposant à un froid modéré en hiver, de l'abaissement de température qu'elles éprouvaient ; ce qui m'a expliqué l'utilité d'une habitude très-singulière. Elles font des nids en tout temps, non-seulement pour leurs petits, mais pour elles-mêmes. On sait que dans des cages étroites, elles ne multiplient pas. J'en gardai ainsi de différens sexes et de différens âges, et je les voyais, dans des saisons où je n'aurais pas soupçonné qu'elles eussent besoin de plus de chaleur, se former artistement des nids, comme ceux des oiseaux. Je plaçais exprès dans leur voisinage des brins de paille et des tissus de coton, qu'elles tiraient à elles à travers les barreaux de la cage, pour s'en servir de la sorte. On voit, par l'observation précédente, qu'elles cherchent à conserver le peu de chaleur qu'elles développent, chaleur nécessaire à leur conservation ; car, exposées à l'air, souvent elles périssent par un froid qui nous paraîtrait modéré. En prenant leur domicile chez l'homme, elles n'y trouvent pas seulement l'avantage d'une nourriture plus abondante, mais aussi la facilité de se mieux garantir du froid, ce qui ne leur est pas moins salutaire.

Ce fait nous conduit à reconnaître le groupe d'animaux à sang chaud adultes non hibernans

qui renferme les espèces les moins propres à développer de la chaleur par l'abaissement graduel de la température extérieure; ce sont celles pour la plupart qui se pratiquent des demeures souterraines, qui habitent les cavernes, les fentes et les creux des rochers, les trous dans les murs et dans les arbres. Sans doute d'autres causes déterminent aussi le choix de ces retraites : la nécessité d'éviter les surprises et de trouver un refuge, d'amasser des provisions pour les temps de disette; et si quelquefois ces demeures ne sont choisies que pour servir de magasins ou d'asyle, elles servent aussi d'abri contre le froid, que le plus grand nombre de ces espèces ne saurait braver impunément. Cela est surtout évident chez celles qui prennent le soin de garnir leur habitation des substances les plus propres à retenir la chaleur.

Il y a une pareille distinction à établir entre les constitutions des hommes qui habitent le même climat : les uns, et c'est le plus grand nombre, éprouvent un effet salutaire de l'abaissement graduel de la température; ils subissent des modifications correspondantes à celles des animaux à sang chaud adultes qui acquièrent successivement la faculté d'affronter les rigueurs de l'hiver, non parce qu'ils s'endurcissent au froid, en raison de leur sensibilité qui s'émousse, mais parce que leur foyer de chaleur devient plus actif.

D'autres individus parmi les hommes sont sem-

blables à l'autre tribu dont la constitution n'éprouve pas cette influence bienfaisante du froid. N'ayant pas les mêmes ressources en eux-mêmes pour subvenir à la perte de chaleur qu'ils subissent en hiver, il faut qu'ils aient recours, comme les espèces dont j'ai parlé, à des moyens auxiliaires, pour se soustraire à l'impression nuisible de la saison. Il y en a qui se réchauffent difficilement, lors même que le froid est tempéré; ils ont besoin d'élever davantage la chaleur des appartemens. Cette classe est plus nombreuse qu'on ne croit; elle ne se borne pas aux personnes frileuses; car l'influence nuisible du froid ne se fait pas toujours reconnaître par la sensation pénible à laquelle nous donnons le même nom : celle-ci peut être remplacée par des sensations bien différentes; par divers états de malaise, de douleur, de souffance et d'incommodité autres que la sensation particulière que nous éprouvons généralement par un temps froid, et qui nous fait distinguer la cause qui la produit. L'absence de cette sensation spécifique nous fait prendre le change sur la cause, et faute de la reconnaître nous manquons le remède.

Pour que l'intensité de ces effets augmente, il n'est pas nécessaire que la température descende au-dessous du degré qui a commencé à les produire; il suffit qu'elle s'y soutienne. Nous avons fait voir, dans le paragraphe précédent, par des expériences sur de jeunes animaux à sang chaud,

que l'application passagère du froid agit sur des constitutions de cette espèce, en diminuant la faculté de produire de la chaleur, et que cette influence s'étend au-delà du temps du refroidissement. Lors donc que l'exposition au froid est prolongée, les effets de chaque partie du temps s'ajoutent à ceux des parties qui les suivent. Ainsi les individus de cette classe, par la seule durée d'un même degré de froid, subissent une diminution successive dans leur faculté de produire de la chaleur.

Cette observation s'applique à un phénomène très-remarquable que présentent les mammifères hibernans. Pallas nous apprend, dans son excellent ouvrage sur de nouvelles espèces de l'ordre des loirs, que la température extérieure restant la même, l'engourdissement de ces animaux allait en augmentant avec la durée du froid. M. de Saissy a fait la même remarque; j'ai eu l'occasion de la vérifier : mais cet effet n'est pas illimité. Il en est de même de l'influence salutaire du froid sur les constitutions appropriées au climat. La persistance d'un même degré de température peut accroître leur faculté de produire la chaleur, mais cet accroissement est nécessairement borné.

CHAPITRE VI.

De l'Asphyxie.

Nous avons vu, dans la troisième partie, que Le Gallois avait entrepris ses expériences sur l'asphyxie des animaux à sang chaud nouveau nés, pour déterminer le temps qu'un fœtus humain à terme, séparé de sa mère, peut vivre sans respirer. Cependant, il ne fit aucune application à l'homme de ses nombreuses recherches; c'est donc au lecteur à en faire, et d'après les résultats de ces expériences, il sera porté à croire qu'un enfant nouveau né, privé du contact de l'air, vivrait environ une demi-heure.

Mais nous avons fait voir précédemment que les mammifères à leur naissance diffèrent beaucoup entre eux par la durée de la vie dans l'asphyxie, et se divisent, sous ce rapport, en deux groupes, les uns vivant à-peu-près une demi-heure, les autres un bien plus court espace de temps, dont les limites, dans les expériences que j'ai faites, sont de cinq à onze minutes. Le Gallois avait bien reconnu que le jeune cochon d'Inde ne vivait que peu de temps lorsqu'on le privait d'air; mais il ne nous donne aucun moyen de juger approximativement de la durée de la vie, en pareil cas,

d'un enfant né à terme. A en juger par sa faiblesse et par la longue durée de cet état, il semblerait se rapprocher du genre de vitalité des jeunes chiens, des chats et des lapins, qui sont les espèces qui peuvent se passer le plus long-temps de la présence de l'air; et l'on en conclurait, par analogie, que l'enfant nouveau né vivrait de même sans respirer environ une demi-heure. On serait d'autant plus porté à le croire, que le cochon d'Inde, qui vit si peu de temps lorsqu'il est privé d'air, naît avec la faculté de marcher et de pourvoir à sa subsistance; ce qui le rapproche singulièrement de l'adulte.

Mais ce caractère induirait en erreur. Nous avons fait connaître, par des observations multipliées, le rapport suivant lequel les jeunes mammifères ont la faculté de vivre plus ou moins long-temps sans respirer. Ce mode de vitalité est intimement lié à la faculté de produire de la chaleur. C'est ici le cas de rappeler la division que nous avons établie à cet égard entre les jeunes mammifères : 1°. ceux qui produisent si peu de chaleur qu'ils n'ont, pour ainsi dire, pas de température propre; 2°. ceux qui en produisent assez pour conserver une température élevée, lorsque l'air n'est pas trop froid. Les premiers vivent le plus long-temps dans l'asphyxie; les autres un court espace de temps. Le caractère extérieur qui sert à rapporter une espèce à l'un ou l'autre groupe, consiste, comme nous l'avons remarqué, dans l'état des yeux. Or,

l'enfant naît les yeux ouverts, et nous avons confirmé, par une multitude de preuves, qu'il appartient au groupe de ceux qui produisent le plus de chaleur. Il s'ensuit qu'il vivra aussi beaucoup moins de temps que les premiers lorsqu'il est privé du contact de l'air. Ce n'est qu'approximativement que nous pouvons juger de cette durée. Dans les expériences que j'ai faites sur les jeunes mammifères qui naissent les yeux ouverts, elle a été de cinq à onze minutes.

Lorsque nous parlons de la durée de la vie dans l'asphyxie, il est important de se rappeler que nous n'en jugeons que par les signes extérieurs qui se manifestent durant l'expérience. Ces signes consistent en des mouvemens volontaires ou involontaires. Lorsque l'animal ne donne plus de mouvemens spontanés, on cherche à en exciter en le pinçant. Dès que ce moyen est sans effet, on cesse l'expérience. Il existe encore des mouvemens intérieurs : le cœur continue à battre; mais comme on ne peut exciter des mouvemens apparens, et que l'animal n'en exécute pas spontanément, il est alors dans l'état de mort apparente. Je ne traiterai pas ici de la durée de cet état, ni des conditions qui la déterminent; c'est un ordre de phénomènes à part, et qui exige des recherches particulières, que nous réservons pour une autre occasion. Nous ne nous occuperons que des signes de vie qui se manifestent à l'extérieur durant l'asphyxie; et pour donner une idée précise des con-

mènes qu'ils présentaient. Ce célèbre naturaliste a été induit en erreur par la facilité avec laquelle les petits chiens se sont rétablis. C'est que les mouvemens involontaires n'ayant pas cessé, la respiration a eu lieu de suite dans l'air; cependant l'un des individus qui avaient subi trois fois cette épreuve, mourut, non immédiatement après l'expérience, mais le même jour.

Il faut remarquer ici que les petits chiens peuvent donner des signes de vie pendant plus d'une demi-heure, lorsqu'ils sont submergés. J'en ai vu vivre sous l'eau pendant $0^h\ 54'$; mais ce cas est rare. Si on les laissait dans l'eau jusqu'au moment où ils ne donnent plus de mouvemens, soit d'eux-mêmes, soit en les excitant, ils ne se rétabliraient plus par l'exposition à l'air; du moins je n'ai jamais eu l'occasion de l'observer ni sur eux ni sur d'autres espèces de mammifères. Je ne fais cette observation qu'en passant; car elle se rapporte à la possibilité de rappeler à la vie après la mort apparente; sujet que je ne me suis pas proposé de traiter ici. Je me contenterai d'observer que l'homme est dans une des conditions les plus favorables pour que l'exposition à l'air le ranime. Nous en parlerons ailleurs.

Par la description que j'ai donnée des phénomènes de la vie pendant la submersion, on jugera facilement si le moyen proposé par Buffon, dans le passage suivant, peut atteindre le but

qu'il s'était proposé par la répétition de ce genre d'épreuves.

« Je n'ai pas suivi, dit-il, ces expériences plus loin; mais j'en ai assez vu pour être persuadé que la respiration n'est pas aussi absolument nécessaire à l'animal nouveau né qu'à l'adulte, et qu'il serait peut-être possible, en s'y prenant avec précaution, d'empêcher de cette façon le trou ovale de se fermer, et de faire, par ce moyen, d'excellens plongeurs et des espèces d'animaux amphibies, qui vivraient également dans l'air et dans l'eau. »

Supposons que la répétition fréquente des submersions, à dater de la naissance, puisse conserver à l'adulte le même genre de vitalité qu'il avait dans l'enfance, par lequel il peut vivre un assez long espace de temps sans respirer, il faut cependant, pour être bon plongeur, avoir l'usage des sens et des mouvemens volontaires; or, nous avons vu que les mammifères nouveau nés perdent ordinairement connaissance en trois ou quatre minutes, et qu'ils ont peu d'avantages à cet égard sur les adultes.

Je me suis souvent informé, aux écoles de natation de Paris, du temps que les meilleurs plongeurs peuvent passer sous l'eau; j'ai appris que le plus long espace est de trois minutes; encore y a-t-il peu d'hommes en état de plonger aussi long-temps.

Quant à l'enfant, nous avons vu qu'à cause de

sa grande production de chaleur, il est dans la classe de ceux qui, à leur naissance, ne vivraient que peu de temps lorsqu'ils sont submergés dans l'eau, en faisant même abstraction de la différence des mouvemens volontaires et involontaires.

La chaleur, qu'elle soit produite ou qu'elle vienne du dehors, a des effets semblables sur ce mode de vitalité.

Il n'est pas de caractère physiologique qui distingue plus éminemment les vertébrés à sang froid des animaux à sang chaud que la grande différence de la durée de leur vie lorsqu'ils sont privés d'air; mais ce caractère dépend moins de leur nature que des conditions dans lesquelles ils sont placés. Nous avons vu que des batraciens peuvent vivre deux ou trois jours dans de l'eau privée d'air; mais dans quelles circonstances? Cette longue durée de la vie dépend de deux conditions extérieures: 1°. que l'eau dans laquelle ils sont plongés soit à zéro ou peu au-dessus de ce terme; 2°. que la température de l'air ait été, long-temps avant l'expérience, à un degré à-peu-près semblable, pour que la constitution de ces animaux ait éprouvé une modification dépendante de cette longue durée du froid. (*Voyez première partie, chapitre* II.)

Mais si l'on fait la même expérience en été, dans de l'eau à 20°, ils ne vivent qu'environ une heure, un peu plus un peu moins, suivant l'in-

tensité de la chaleur précédente. Nous voyons déjà qu'ils ne diffèrent guère de quelques individus, parmi les animaux à sang chaud nouveau nés, tels que de petits chiens qui peuvent vivre comme je l'ai observé ci-dessus, jusqu'à 0 h 54 ', dans de l'eau également à 20°. Maintenant, si au lieu de ce degré, on porte l'eau à la température de 40^{d}, terme moyen de celle des animaux à sang chaud, les batraciens qu'on y plonge ne vivent pas plus long-temps que les mammifères adultes. Il en est de même des poissons, surtout de ceux des petites espèces; et la différence pour les autres n'est que de quelques minutes. Les lézards gris dans les mêmes conditions ont vécu à-peu-près 0^{h} 6'. On voit par là que la chaleur, soit produite soit extérieure, exerce une influence semblable sur la durée de la vie dans l'asphyxie.

Relativement à l'influence du froid, il est évident que nous ne pouvons pas obtenir des résultats aussi marqués dans les expériences comparatives sur les animaux à sang chaud et les vertébrés à sang froid. D'abord, les mammifères et les oiseaux, quel que soit leur âge, ne supportent pas un aussi grand abaissement de leur température que les reptiles et les poissons; en second lieu, dans le cas d'un abaissement égal de température, les animaux à sang chaud ne peuvent pas, en général, persister long-temps dans cet état; condition la plus importante pour prolonger la durée de la vie dans l'asphyxie. C'est sous ce rap-

port que les vertébrés à sang froid diffèrent considérablement des animaux à sang chaud. Cependant s'il était, parmi les mammifères ou les oiseaux, quelques espèces susceptibles de présenter les deux phénomènes suivans : 1°. de subir un grand abaissement de température; 2°. de vivre long-temps dans cet état sous l'influence d'un air froid, il faudrait conclure, des rapports établis plus haut, que ces animaux à sang chaud se rapprocheraient beaucoup des reptiles et des poissons, par la faculté de vivre long-temps sans le contact de l'air. Or, nous savons qu'il existe de pareilles espèces : les mammifères hibernans. Il est facile de prévoir quelle sera à-peu-près la durée de leur vie, lorsqu'ils sont privés d'air par submersion dans l'eau en été. Rappelons-nous que, dans cette saison, ils ont une chaleur élevée, semblable à celle de beaucoup d'autres mammifères, et de plus, qu'ils ont été soumis à l'influence de cette chaleur pendant toute la durée précédente de la belle saison. Ils seront donc dans des conditions qui déterminent la plus courte durée de la vie dans l'asphyxie.

J'ai asphyxié dans de l'eau à 20° des chauves-souris, à une époque où elles n'étaient pas engourdies : elles ne vécurent que de quatre à cinq minutes. Changeons maintenant les conditions de l'expérience ; qu'une espèce quelconque d'animaux hibernans ait subi le plus grand abaissement de température dont elle est susceptible; qu'elle ait vécu

long-temps dans cet état sous l'influence d'un air froid, il est facile de prévoir que, participant alors de la manière de vivre des vertébrés à sang froid en hiver, elle présentera des phénomènes analogues dans la durée de la vie, lorsqu'elle sera privée d'air. Spallanzani nous fournit des faits intéressans qui font voir la justesse de cette vue. Il plaça, dans un récipient contenant de l'acide carbonique, à la température—12°, une marmotte profondément engourdie, et par conséquent dans les conditions que nous avons exposées plus haut. Elle n'y donnait aucun signe de malaise pendant toute la durée de l'expérience. Spallanzani la retira au bout de 4^h, sans qu'elle eût paru souffrir de cette épreuve; et certes, elle y aurait vécu plus long-temps si on l'avait laissée dans le gaz. Remarquons, en outre, que ce gaz est très-délétère; qu'il n'agit pas seulement en privant l'animal du contact de l'air atmosphérique, mais aussi par une propriété qui tend à éteindre la vie, quoique quelques physiologistes aient pensé, d'après certains résultats d'expériences, qu'il n'est pas plus délétère que l'azote et l'hydrogène.

Les faits que je viens d'exposer prouvent évidemment que la température agit de la même manière sur tous les vertébrés pour augmenter ou diminuer la durée de la vie dans l'asphyxie. L'échelle de température à laquelle ces observations se rapportent est de 0° à 40° centigrades. Il est remarquable qu'à la limite supérieure il y ait si

peu de différences dans le temps que les animaux peuvent vivre sans respirer. Ce n'est qu'à des degrés inférieurs que ces différences deviennent plus marquées, suivant les espèces, et d'autant plus que l'on approche davantage de la limite inférieure.

J'ai dit que ces différences dépendaient principalement de deux conditions, du degré d'abaissement de température que les espèces peuvent supporter, et du temps pendant lequel elles peuvent persister dans cet état sous l'influence d'un air froid.

Le lecteur pensera peut-être que je rapporte toutes les variétés dans la durée de la vie, lorsque les animaux sont privés de la respiration, aux seules causes que je viens d'indiquer; mais rien ne serait plus contraire à l'esprit de ces recherches. Dans les phénomènes de la vie, les causes qui les produisent et qui déterminent leur mesure sont toujours très-compliquées. Il me suffit d'avoir démontré que la température exerce, sur ce phénomène de la vie, une influence commune à tous les vertébrés, et d'avoir déterminé le sens dans lequel elle agit. D'autres causes, sans doute, comme celles qui dépendent de l'organisation, etc., concourent à modifier la durée de la vie, lorsque les animaux sont privés d'air; mais la recherche de toutes ces causes, en supposant qu'on puisse les déterminer, n'entre pas dans le plan de cet ouvrage.

Dans le cas où un vertébré est entièrement privé du contact de l'air, quelles sont les principales fonctions qui s'exercent dans ce mode d'existence, et quelle est leur influence? On sait que l'air atmosphérique, en agissant sur les organes respiratoires, donne au sang une qualité particulière que l'on reconnaît à sa couleur vermeille, et qu'on désigne ordinairement sous le nom de sang artériel. Le sang privé de cette influence de l'air prend une couleur sombre; à cause de cette nuance, on l'a souvent appelé sang noir. Nous ne le distinguons avec d'autres physiologistes que sous le nom de sang veineux.

Lorsqu'on intercepte entièrement les rapports de l'air avec l'économie, comme dans la submersion, la circulation continue; mais le sang qui circule perd sa qualité artérielle, et devient bientôt du sang veineux. Une autre fonction principale s'exerce en même temps : celle du système nerveux. Je ne m'occuperai que de celles que je viens de nommer, puisqu'on est généralement d'accord pour regarder les autres comme leur étant subordonnées. Il s'agit de savoir si la circulation du sang devenu veineux contribue à l'entretien de la vie. On a vu dans le premier chapitre de cet ouvrage que cette question est décidée relativement aux reptiles. On peut se rappeler que je m'en suis assuré de la manière suivante : j'ai supprimé la circulation sur un certain nombre de batraciens, en excisant le cœur et le bulbe de l'aorte;

j'ai laissé intacts d'autres individus de même espèce; je plaçai les uns et les autres dans de l'eau non aérée à la même température. La différence dans la durée de la vie était considérable, les salamandres dont la circulation était supprimée ne vivant que sept à huit heures, celles chez qui la circulation subsistait vivant trois fois plus long-temps.

La circulation du sang veineux contribue-t-elle à prolonger la vie des animaux à sang chaud lorsqu'ils sont asphyxiés? Cela est évident pour les jeunes mammifères. J'ai fait sur des chats des expériences analogues aux précédentes sur les reptiles. Les individus dont la circulation était supprimée par l'excision du cœur, et submergés dans de l'eau ne vivaient en général qu'un quart d'heure; d'autres que je laissais dans leur intégrité, plongés dans de l'eau à la même température, donnaient des signes de vie pendant environ une demi-heure (1).

On ne verrait pas facilement dans des expé-

(1) On peut déduire un résultat analogue mais moins marqué des expériences de Le Galois sur les lapins. *Voyez* le tableau de la durée des bâillemens et de celle de la sensibilité dans les lapins de différens âges, page 78 de son ouvrage. Après l'excision du cœur des lapins âgés d'un jour, les bâillemens duraient, terme moyen, 0^h $20'$; dans l'asphyxie par submersion 0^h $27'$. Il ne paraît pas avoir fait ces expériences dans la vue que je me suis proposée: aussi ne tire-t-il aucune conclusion de cette différence, et ne fait-il à cet égard aucune observation.

riences sur des animaux à sang chaud adultes l'influence de la circulation du sang veineux, parce que la privation d'air cause si promptement la mort apparente, qu'il est inutile de chercher à déterminer de petites différences qui, d'ailleurs, pourraient ne pas être sensibles; mais on ne saurait douter que la circulation du sang veineux ne contribue à entretenir la vie de ces animaux après la cessation des mouvemens extérieurs, et durant cet état que nous désignons sous le nom de *mort apparente*.

Ces observations nous conduisent à examiner la fonction sur laquelle la température agit, suivant son degré, pour prolonger ou abréger la vie durant l'asphyxie.

On conçoit que la température dans l'échelle de 0° à 40°, puisse agir directement ou indirectement, n'importe lequel, sur les mouvemens du cœur des animaux asphyxiés. Comme nous avons prouvé que la circulation contribue puissamment à prolonger la vie des animaux qui vivent long-temps privés d'air, il s'ensuit que les différens degrés de vitesse du cœur peuvent influer diversement sur la durée de la vie. Il est de fait que la vitesse des mouvemens du cœur est très-différente chez les animaux plongés sous l'eau, suivant le degré de température de ce liquide. Chez les reptiles comme chez les jeunes mammifères, ils sont le plus lents à 0° et très-précipités à 40°.

Nous supposerons que la vitesse du cœur qui

convient le plus pour prolonger la vie des animaux asphyxiés est celle qui est déterminée par la température à laquelle ils vivent le plus long-temps, et nous nous demanderons si cette même température n'a pas une action spéciale sur le système nerveux pour favoriser ses fonctions. Je m'en suis assuré de la manière suivante ; vers la fin du mois de décembre la température précédente ayant été très-froide, le cœur fut enlevé à huit grenouilles. On en plaça quatre dans de l'eau à 20° et quatre autres dans de l'eau à la température de la glace fondante. Les individus de la première série vécurent l'un dans l'autre une heure trois minutes, ceux de la seconde huit heures cinquante-cinq minutes. La température agit donc sur les grenouilles dont la circulation est supprimée et qui sont, pour ainsi dire, réduites à la seule action du système nerveux, de la même manière que sur celles dont la circulation est en pleine action. (*Voyez* Ire partie, chap. II.) J'ai excisé le cœur à trois chats nouveau nés : j'ai mis l'un dans de l'eau à 20°, un autre dans de l'eau à 40° et le troisième dans de l'eau à 0°. Le premier vécut 0h 13′ 30″; le second 0h 7′, et le troisième 0h 5′; or, ces animaux ne vivaient que par le système nerveux et musculaire; et si l'on compare le résultat de ces expériences à celles que j'ai rapportées ailleurs (*voyez* IIIe partie, chap. IV), relatives à des individus de même espèce dont la circulation n'était pas supprimée et qui étaient placés

dans les mêmes conditions, on verra que la température a exercé sur les uns et les autres une influence analogue. En effet, c'est dans de l'eau à 20° qu'ils ont vécu le plus long-temps, beaucoup moins à 40°; enfin la plus courte durée était à 0°. La température, dans les limites indiquées, exerce donc une influence directe sur la vitalité du système nerveux.

CHAPITRE VII.

Des Modifications de la Respiration, suivant les espèces, l'âge, etc.

Si les animaux peuvent différer beaucoup entre eux dans la durée de la vie, lorsque le contact de l'air est supprimé, ils ne diffèrent pas moins dans leurs rapports avec l'air par la respiration. Cet aliment de la vie n'est pas consommé par tous dans la même proportion, il s'en faut de beaucoup. Nous en avons donné plusieurs exemples dans la troisième partie de cet ouvrage, où nous avons traité des animaux à sang chaud; mais la comparaison de ces vertébrés avec d'autres dont la respiration est aérienne, présente des différences beaucoup plus considérables. Choisissons-les à-peu-près de même volume et à l'époque où les vertébrés à sang froid jouissent de toute leur activité.

Qu'une grenouille soit placée sur un diaphragme à claire-voie, dans une cloche renfermant un litre d'air, au-dessus d'une forte dissolution de potasse pure, pour absorber l'acide carbonique provenant de l'altération de l'air par la respiration; qu'on en fasse de même avec un bruant de même volume : celui-ci y vivra environ une heure; la grenouille de trois à quatre jours. Cette grande

différence dans la durée de la vie ne dépend pas ici de ce que la grenouille, après avoir consommé tout l'air qui peut servir à la respiration, est en état de vivre long-temps sans exercer cette fonction. Elle y respire continuellement tant que l'air est respirable, et succombe bientôt lorsqu'il cesse de l'être. On a vu, dans la première partie de cet ouvrage, que ces animaux, privés du contact de l'air en été, ne sauraient vivre plus d'une ou deux heures. La grande différence dans la durée de la vie ne dépend pas non plus de ce que la grenouille peut tirer un plus grand parti de cet air, en le dépouillant de ses dernières particules d'oxigène. Lorsqu'on fait l'expérience comme je viens de l'indiquer, en absorbant l'acide carbonique, au fur et à mesure qu'il se forme, l'oiseau a la faculté de consommer une plus grande quantité d'oxigène. Il en reste si peu à la fin de l'expérience, quand l'air n'est plus propre à l'entretien de la vie, que les proportions diffèrent peu dans l'un et l'autre cas. Je n'entre pas dans les détails : tout ce qui est relatif à l'analyse de l'air respiré est réservé pour un autre ouvrage.

L'énorme disproportion entre la durée de la vie du reptile et de l'oiseau, dans des quantités égales d'air, tient essentiellement à la vitesse respective avec laquelle ils consomment l'air : cela est reconnu ; mais il convient de fixer l'attention sur quelques-unes des conditions de cette différence.

Il en est qui sont évidentes. A ne considérer que les poumons, il est manifeste que la surface en contact avec l'air est plus étendue chez l'oiseau, non par la différence du volume de ces organes, mais parce que les cellules en sont plus multipliées. L'étendue et la fréquence des mouvemens respiratoires sont un indice qu'il entre plus d'air dans les poumons des oiseaux. Voilà des conditions qui doivent contribuer à leur donner la faculté de consumer plus d'air dans un temps donné : de plus, on voit que leurs poumons contiennent beaucoup plus de sang. Or, c'est principalement au sang qu'on attribue la puissance d'altérer l'air. Toutes ces conditions en faveur des oiseaux se réduisent à la multiplication du contact de l'air ; elles peuvent être regardées comme des données physiques, puisqu'elles consistent dans des rapports de quantité; mais il en est sans doute d'une autre nature qui ne sont pas d'une moindre importance. Si le sang a une grande influence par sa quantité, n'en aura-t-il pas aussi par sa qualité ? Il suffit de comparer par la simple inspection le sang de la grenouille et de l'oiseau : on reconnaît de suite que le sang du reptile est plus aqueux. De cette seule différence il doit en résulter une dans les rapports du sang avec l'air ; car personne n'est disposé à rapporter l'altération de l'air à la partie aqueuse du sang, mais à la substance animale qui le caractérise. Or, elle est en moindre proportion dans l'espèce où il y a le plus

d'eau, le sang du reptile; mais il y a plus, et cette différence est tout-à-fait fondamentale. Le sang observé à la vue simple ne présente pas l'aspect de l'organisation; mais on a reconnu depuis long-temps, à l'aide du microscope, que la matière solide consiste en corpuscules de forme régulière. D'après les dernières recherches faites en Angleterre par Sir Everad Home, et récemment à Genève par MM. Prévost et Dumas, ces particules sont constamment composées d'un sphéroïde incolore et d'une enveloppe colorée en rouge. Quoique la forme de ces globules soit elliptique chez le reptile et l'oiseau, ils sont de dimensions très-différentes, et beaucoup plus grandes chez la grenouille que chez l'oiseau. MM. Prévost et Dumas, dans leur excellent travail sur le sang, en ont donné la mesure.

Ainsi, la qualité du sang dans ces deux espèces diffère essentiellement par le nombre et les dimensions des globules.

Je n'ai fait cette comparaison que pour faire sentir que la grandeur des surfaces en rapport avec l'air, la fréquence et l'étendue des mouvemens, la quantité de sang qui passe par les poumons, ne sont pas les seules causes qui doivent influer sur la consommation d'air.

Ici la différence dans la nature du sang est si grande, qu'elle ne doit pas moins influer que sa quantité sur le phénomène qui nous occupe. D'autres causes y contribuent sans doute; mais il se-

froide, pourraient présenter le phénomène inverse relativement à la respiration. Cela est vrai, du moins pour ceux que nous avons regardés comme l'extrême de ce tempérament, les mammifères hibernans. M. de Saissy a comparé la respiration de la marmotte, du hérisson, du lérot et de la chauve-souris dans l'état de veille, au mois d'août et de novembre. Ils ont consommé moins d'air à cette dernière époque.

CHAPITRE VIII.

De l'Action combinée de l'Air et de la Température.

Il est facile, chez certains animaux, de faire varier leur rapport avec l'air, dans une grande étendue, sans qu'ils cessent de vivre, pourvu qu'on les place dans des conditions convenables. On peut en profiter pour étudier l'influence que la température exerce sur la vie dans les cas où l'on fait varier l'étendue de la respiration. J'ai présenté, dans la première partie de cet ouvrage, plusieurs faits sur lesquels la connaissance de ce rapport peut être fondée. Je les rappelerai succinctement, et j'en ajouterai plusieurs autres, afin que l'on puisse juger de la généralité de cette relation.

Nous avons constaté que plusieurs espèces de batraciens, telles que la grenouille, le crapaud et la salamandre, peuvent vivre sous l'eau, aux dépens de l'air contenu dans ce liquide, et que l'air agit uniquement sur la peau. Il n'y a donc plus de respiration pulmonaire; l'animal est réduit à la respiration cutanée, encore cette fonction est-elle à son minimum, puisque l'air contenu dans l'eau s'y trouve en très-petite proportion. L'air, en ce cas, ne peut avoir qu'une faible action vivifiante

froide, pourraient présenter le phénomène inverse relativement à la respiration. Cela est vrai, du moins pour ceux que nous avons regardés comme l'extrême de ce tempérament, les mammifères hibernans. M. de Saissy a comparé la respiration de la marmotte, du hérisson, du lérot et de la chauve-souris dans l'état de veille, au mois d'août et de novembre. Ils ont consommé moins d'air à cette dernière époque.

CHAPITRE VIII.

De l'Action combinée de l'Air et de la Température.

Il est facile, chez certains animaux, de faire varier leur rapport avec l'air, dans une grande étendue, sans qu'ils cessent de vivre, pourvu qu'on les place dans des conditions convenables. On peut en profiter pour étudier l'influence que la température exerce sur la vie dans les cas où l'on fait varier l'étendue de la respiration. J'ai présenté, dans la première partie de cet ouvrage, plusieurs faits sur lesquels la connaissance de ce rapport peut être fondée. Je les rappelerai succinctement, et j'en ajouterai plusieurs autres, afin que l'on puisse juger de la généralité de cette relation.

Nous avons constaté que plusieurs espèces de batraciens, telles que la grenouille, le crapaud et la salamandre, peuvent vivre sous l'eau, aux dépens de l'air contenu dans ce liquide, et que l'air agit uniquement sur la peau. Il n'y a donc plus de respiration pulmonaire; l'animal est réduit à la respiration cutanée, encore cette fonction est-elle à son minimum, puisque l'air contenu dans l'eau s'y trouve en très-petite proportion. L'air, en ce cas, ne peut avoir qu'une faible action vivifiante.

Elle suffit cependant pour entretenir la vie de l'animal, tant que la température de l'eau se trouve entre 0° et 10° ; mais si la température du liquide s'élève au-delà de ce terme, tandis que les animaux restent dans la même condition de respiration bornée, la plupart périssent. Pour remédier aux effets délétères de cette faible chaleur, il faut étendre les rapports avec l'air; son action vivifiante sera augmentée, et la vie sera conservée. Ces animaux ne peuvent étendre leurs rapports avec l'air qu'en montant à la surface pour exercer la respiration pulmonaire. C'est par ce moyen qu'ils entretiennent l'équilibre entre les effets de la chaleur et l'influence de l'air. Lorsqu'ils vivent en liberté dans les eaux des marais, des étangs et des petites rivières, ils peuvent se tenir sous la surface tant que la température ne s'élève pas au-dessus de 10°, comme il arrive ordinairement en automne, en hiver et au commencement du printemps; mais pour peu qu'elle dépasse ce terme, ils sont dans la nécessité de monter pour puiser de l'air dans l'atmosphère. Ayant reçu cette influence vivifiante par un surcroît de respiration, ils sont en état de séjourner de nouveau sous l'eau, et d'autant plus long-temps que la température est moins élevée au-dessus de 10°; mais à mesure que la chaleur augmente, la durée de leur séjour sous l'eau diminue; ils sont successivement obligés de remonter plus fréquemment à la surface, jusqu'à ce qu'il vienne une époque où ils ne peu-

vent presque plus se passer de la respiration pulmonaire.

Il est un autre mode de respiration auquel ils sont forcés de recourir dans les plus fortes chaleurs de l'été. Alors la respiration pulmonaire, aidée de la respiration cutanée dans l'eau, ne suffit plus pour contre-balancer l'effet de cette haute température. Il faut qu'ils sortent de l'eau pour mettre la peau en rapport avec l'air de l'atmosphère, dont l'action est plus vive sur cet organe que celle de l'air dissous dans l'eau. Par cette augmentation de la respiration cutanée, ils sont en état de supporter ce haut degré de chaleur : s'ils n'avaient pas cette ressource, ils périraient en grand nombre. Ce que je viens de dire est une conséquence nécessaire du rapport entre les effets de la chaleur et de l'air. L'été dernier, remarquable par la durée et l'intensité de la chaleur, a fourni l'occasion de vérifier cette conséquence. M. Bosc m'a rapporté un fait qui confirme ce que j'avais avancé à ce sujet. Il a un bassin dans une de ses pépinières dont les bords sont trop escarpés pour que les grenouilles puissent en sortir. Dans le fort de l'été dernier, ces animaux ne pouvant recourir à ce moyen pour étendre leur respiration, périssaient en grand nombre. Il est évident qu'en exposant la peau à l'air, ils ont l'avantage de se refroidir par évaporation, comme nous le verrons ailleurs; mais de plus, l'accroissement de la respiration cutanée par le contact de l'atmosphère

est un moyen puissant de contre-balancer les effets de la chaleur.

Les effets combinés de la température et de l'air sont les mêmes sur les poissons. Nous en avons donné la preuve fondée sur l'expérience. (*Voyez* IIe partie, chapitre II.) Nous allons en faire l'application à ce qui se passe dans la nature. Les poissons, en hiver, peuvent vivre sous l'eau sans venir respirer à la surface; mais diverses espèces, à mesure que la température s'élève au printemps et en été, sont dans la nécessité, suivant leur susceptibilité pour la chaleur, d'étendre leurs rapports avec l'air en venant fréquemment respirer celui de l'atmosphère. Comme c'est là ordinairement la limite de leur respiration, si la chaleur de la saison devient très-forte, elle en fait périr un grand nombre. Mais les espèces qui souffrent moins de la perte par évaporation dans l'air trouvent le moyen de supporter cette chaleur, en exposant, pour un temps, la peau et les branchies à l'action vivifiante de l'air : c'est ce que l'on voit quelquefois chez certaines espèces, qui se tiennent à l'ombre en grande partie hors de l'eau, sur des tiges et des feuilles de nénuphar, ou qui quittent leur élément pour se jeter sur les bords. Ils sont alors entièrement exposés à l'action de l'atmosphère, et y respirent comme des animaux terrestres.

Les faits précédens sont compliqués d'un changement de milieu dont l'influence, à température

égale, peut être très-différente sur l'économie, et qui l'est en effet, indépendamment du résultat de l'évaporation dans l'air; mais on verra par les expériences suivantes, dans lesquelles cette complication n'existe pas, que cette action n'est qu'accessoire.

Des batraciens peuvent vivre dans l'air, en supprimant l'action des poumons. J'ai exposé ailleurs les détails de ces faits. Il suffit de rappeler que des grenouilles privées de poumons ont vécu longtemps à l'air par la seule respiration cutanée, lorsqu'on prend les précautions nécessaires pour entretenir leur humidité. Elles vivent ainsi en hiver et dans les temps où la température est basse; mais si l'on supprime de la même manière l'action des poumons en *été*, elles meurent presque aussi promptement que si on les privait entièrement du contact de l'air par submersion dans l'eau. L'action vivifiante de l'atmosphère sur la peau est trop faible pour contre-balancer l'effet délétère de la chaleur de l'été. Remarquez cependant qu'elles ont alors le secours d'une plus forte évaporation par transpiration pour les refroidir; mais cet avantage est trop faible. Il faudrait qu'elles pussent étendre leurs rapports avec l'air par le moyen des poumons pour supporter cette haute température.

On reconnaît la même relation entre les effets combinés de la chaleur et de l'air, en variant les moyens de borner la respiration. Une enveloppe

solide mais poreuse diminue l'étendue du contact de l'air. Des batraciens ont vécu un temps considérable enfouis dans du plâtre. (*Voyez* Ire partie, chap. 1er.) Ces expériences ont été faites en hiver. Ils supportent alors cette respiration bornée, parce que la température est faible. Il n'en est pas de même en été : je les ai vu périr alors dans les mêmes enveloppes, presque aussi promptement que s'ils avaient été plongés sous l'eau.

Si, à cette époque, au lieu de plâtre on se sert de sable, comme il admet plus d'air, ils peuvent y vivre beaucoup plus long-temps.

On ne saurait douter que ce rapport de la chaleur et de la respiration ne s'étende aux animaux à sang chaud. Une observation de Legallois nous fournit la preuve qu'il a lieu chez de jeunes mammifères. La section de la huitième paire produit, entr'autres phénomènes, une diminution considérable dans l'ouverture de la glotte; elle est telle chez les chiens nouveau nés ou âgés d'un ou deux jours, qu'il entre très-peu d'air dans les poumons; et cette quantité est si petite que, lorsqu'on fait l'expérience dans les circonstances ordinaires, l'animal périt aussi promptement que s'il était entièrement privé d'air; il vit environ une demi-heure. Mais si l'on fait la même opération sur des individus de même espèce et de même âge, engourdis par le froid, ils peuvent vivre toute une journée. Dans le cas précédent, le peu d'air qu'ils respirent ne saurait balancer l'effet de la chaleur;

mais dans l'engourdissement par le froid, la même quantité d'air suffit pour prolonger considérablement la vie.

Nous avons dit que ce principe devait être général : nous allons en faire l'application à l'âge adulte, et particulièrement à l'homme. Un individu est asphyxié par la trop grande quantité d'acide carbonique dans l'air qu'il respire; les battemens du pouls ne sont plus sensibles; on ne voit point de mouvemens respiratoires : cependant sa chaleur est encore élevée. Comment doit-on agir, d'après ce que nous avons exposé précédemment, pour le rappeler à la vie? Quoiqu'on ne voie plus de mouvemens respiratoires, cependant tous les rapports avec l'air ne sont pas supprimés. L'air est en contact avec la peau, sur laquelle il exerce une action vivifiante; il l'est aussi avec les poumons, dans lesquels il se renouvelle par les agitations qui ont toujours lieu dans l'atmosphère, et par la chaleur du corps qui le raréfie. Le cœur continue à battre, et entretient un certain degré de circulation, quoiqu'on ne l'aperçoive pas aux battemens du pouls. La chaleur du corps est trop élevée pour que le faible degré de respiration produise sur l'économie tout l'effet dont il est susceptible. Il faut donc la réduire; soustraire l'individu à l'atmosphère délétère; le dépouiller de ses vêtemens pour que l'air ait une action plus étendue sur la peau; l'exposer ainsi au froid, quand même ce serait en hiver; lui jeter de l'eau froide

à la figure, jusqu'à ce que les mouvemens respiratoires reparaissent. C'est précisément la méthode consacrée par la pratique pour ranimer un homme en pareil cas. Ce qui a été exposé plus haut nous en fait voir la raison. On voit de même que si, au lieu du froid, on appliquait la chaleur d'une manière soutenue, ce serait un des moyens les plus efficaces pour éteindre la vie. Cette conséquence est également confirmée par l'expérience.

Dans les défaillances subites plus ou moins fortes, lorsque le pouls est faible ou imperceptible, les mouvemens respiratoires ralentis ou peu étendus, l'usage des sens et des mouvemens volontaires suspendu, les personnes les plus étrangères à la médecine savent qu'il faut employer des méthodes de réfrigération, telles que l'exposition à l'air, la ventilation, l'aspersion avec de l'eau froide; et l'efficacité de cette méthode s'explique par le principe exposé plus haut.

De même dans des accès violens d'asthme, lorsque l'étendue de la respiration est diminuée au point que le malade éprouve de la suffocation, il recherche le froid, même dans les temps les plus rigoureux; il ouvre les fenêtres, respire un air glacial, et se trouve soulagé.

CHAPITRE IX.

Effets de la Température sur les mouvemens respiratoires et circulatoires.

L'ORGANISATION des animaux vertébrés à respiration aérienne leur fournit plusieurs moyens de faire varier promptement leurs rapports avec l'air. Ces moyens consistent principalement dans les mouvemens du thorax et de l'abdomen d'une part, et de l'autre dans ceux du cœur et des vaisseaux sanguins. Les premiers sont les mouvemens respiratoires, les derniers ceux de la circulation. Il est rare que les uns s'accélèrent ou se ralentissent sans que les autres subissent un changement semblable.

Personne n'ignore que la volonté peut régler les mouvemens respiratoires, les ralentir, les précipiter ou les arrêter; mais elle y préside rarement. Une autre force les détermine, les entretient et les contrôle. Ils ont lieu, dans le cours ordinaire de la vie, sans notre participation et presque à notre insu, à moins qu'une gêne ou un bien-être inaccoutumé ne nous en avertisse. Si quelquefois la volonté y intervient, ce n'est que pour de courts instans. Ils suivent habituellement une marche réglée où le même nombre de mouve-

mens se reproduit dans les mêmes intervalles de temps.

Ce rhythme se soutient avec très-peu d'altération tant que les circonstances extérieures et la constitution restent les mêmes.

Cette observation est applicable à tous les vertébrés à respiration aérienne. Etudions les rapports suivant lesquels ces mouvemens respiratoires sont affectés par la température extérieure.

On sait que l'élévation de la température accélère les mouvemens ; c'est un phénomène général : seulement le degré qui produit cet effet n'est pas le même pour tous. L'utilité de cette accélération se déduit des faits que nous avons précédemment exposés. Elle n'a ordinairement lieu, d'une manière bien sensible, que lorsque la chaleur est accablante ou qu'elle est très-incommode.

Comment contre-balancer cet effet ? Nous l'avons vu plus haut. Etendez les rapports avec l'air, vous augmenterez son action vivifiante. C'est ce que fait l'économie lorsqu'elle est péniblement affectée par une trop forte chaleur. Les mouvemens respiratoires deviennent plus rapides ou plus amples ; par ce moyen, plus d'air se met en contact dans un temps donné avec les poumons, et ranime ce que la chaleur abat. Je n'ai pas besoin de répéter ici ce que j'ai dit ailleurs, que cet effet est indépendant de l'évaporation qui peut avoir lieu par les poumons ; mais de cette augmentation des mouvemens respiratoires néces-

saire pour s'opposer, au moins pour un temps, aux effets de la température extérieure, naît un ordre de phénomènes différens de ceux de la santé, et qui caractérisent un type particulier de fièvre.

Il y a une certaine étendue de température moyenne dans laquelle les mouvemens respiratoires conservent à-peu-près le même type. Cette latitude est plus ou moins grande, suivant les constitutions. Nous en examinerons plus tard les rapports.

Nous venons d'exposer les effets des degrés qui surpassent la limite supérieure, effets communs à tous les vertébrés à respiration aérienne.

Nous passerons maintenant à l'abaissement de la température au-dessous de la limite inférieure. Ici les effets ne sont pas uniformes chez tous les vertébrés, comme dans le cas précédent. Le froid, lorsqu'il influe sur les mouvemens respiratoires des reptiles, les ralentit progressivement, suivant son intensité, jusqu'à ce qu'il les arrête. La vie alors est prête à s'éteindre. Je ne rechercherai pas ici combien de temps ils peuvent vivre dans un engourdissement aussi profond : il est sûr que si le froid est assez gradué pour ne pas dépasser le degré où il suspend les mouvemens respiratoires, la vie, quelque languissante qu'elle soit, se soutient plus ou moins long-temps. Les conditions dont cette durée dépend sont absolument étrangères au sujet qui nous occupe.

Dans tous les degrés intermédiaires entre la plus faible action du froid qui commence à ralentir les mouvemens respiratoires et la plus forte qui les arrête, nous voyons ce rapport entre la chaleur du corps et l'étendue de la respiration dont nous avons fait voir la nécessité pour l'entretien de la vie.

Si, pendant que la respiration se ralentit par le froid, la chaleur de ces animaux pouvait se soutenir, la vie chez la plupart ne tarderait pas à s'éteindre. Je n'ai pas besoin d'insister sur ce point, dont j'ai donné des preuves multipliées dans le chapitre précédent. Mais les reptiles suivent, à peu de chose près, la température extérieure; la diminution de leur chaleur s'accorde avec celle de leur respiration pour le maintien de la vie.

Lorsque le froid descend au-dessous du point où la respiration est arrêtée, il devient délétère. Pour empêcher la mort sans changer la température extérieure, il faudrait pouvoir augmenter l'action de l'air; ce qui ne peut se faire, à moins qu'on n'excite les mouvemens respiratoires. Mais les reptiles ne paraissent pas avoir une pareille ressource en eux-mêmes : nous verrons d'autres animaux qui ont cette faculté.

Parmi les mammifères, les animaux hibernans présentent une suite de phénomènes semblables : au printemps et en été leur chaleur est élevée, et leurs mouvemens respiratoires sont vifs comme chez les autres animaux de leur classe. Dans le dé-

clin de l'année, on voit leur chaleur et leurs mouvemens diminuer sensiblement, pourvu qu'on les observe à des intervalles assez grands; et ce décroissement simultané peut aller jusqu'à la cessation des mouvemens respiratoires, sans mettre un terme à la vie. Mais si le froid devient plus intense, il faut que l'animal périsse ou qu'il étende ses rapports avec l'air. L'intensité du froid auquel il est près de succomber excite les mouvemens respiratoires. L'air inspiré les entretient, au moins pour un temps, et compense l'influence pernicieuse de la température.

Ainsi, le froid peut ou ralentir ou accélérer les mouvemens respiratoires, suivant son intensité et la constitution des animaux. Nous venons de voir que c'est le froid le plus vif qui produit ce dernier effet sur les mammifères hibernans.

Pour peu que le froid agisse sur les mouvemens respiratoires des jeunes animaux à sang chaud, il les précipite ou en augmente l'étendue. Ce phénomène est extrêmement remarquable chez ceux qui naissent sans avoir la faculté de conserver leur température à l'air libre. A peine y sont-ils exposés, surtout les jeunes oiseaux de cette espèce, que leur respiration acquiert de la vitesse ou de l'ampleur, et leur température commence à baisser. Point de doute qu'ils n'éprouvent un sentiment vif de froid, malgré la chaleur de la saison. Tout leur être l'annonce. Ils présentent les phénomènes d'un accès de fièvre *algide*, et l'état où ils se trouvent n'est pas moins promptement mor-

tel si on n'y remédie en rétablissant la chaleur du corps. Quoique l'accélération de la respiration soit un moyen puissant pour combattre les effets du froid, en multipliant le contact de l'air avec les organes les plus propres à ressentir son influence vivifiante, cependant ce moyen est borné, l'accélération a ses limites; elle peut diminuer, mais ne saurait contre-balancer les effets d'un froid trop rigoureux. En ce cas elle retarde, mais n'empêche pas la mort. Dans d'autres circonstances où le froid est plus modéré, on conçoit que cet effort conservateur peut être efficace. J'emploie ici le mot de froid dans un sens rigoureusement juste, mais qui se rapporte à des températures auxquelles on n'attache pas ordinairement cette idée. C'est que le fait lui-même est extraordinaire. Il n'y en a pas d'ailleurs de plus propre à mettre dans tout son jour combien les expressions de froid et de chaud sont relatives lorsqu'on les applique à l'économie animale.

Suivons ces jeunes animaux dans les progrès de l'âge : la même température affecte de moins en moins les mouvemens respiratoires, jusqu'à ce qu'enfin elle n'ait plus d'influence sur eux.

Par conséquent, dans l'âge adulte la vitesse de ces mouvemens est beaucoup moins soumise à l'influence de la température extérieure. Mais quelle que soit l'étendue de l'échelle dans laquelle les mouvemens du thorax conservent le type qui caractérise la santé, il est un degré de froid qui

les altère. Dans toutes les expériences que j'ai faites sur le refroidissement des animaux à sang chaud adultes qui ne sont point sujets à l'hibernation, j'ai toujours remarqué une accélération des mouvemens respiratoires jusqu'à ce que les forces étant épuisées, ces mouvemens, comme tous les autres, languissent et s'éteignent. Je ne doute pas qu'il n'y ait, au contraire, des cas où le ralentissement de la respiration a lieu chez eux comme chez les mammifères hibernans; mais la détermination précise des conditions d'où résultent l'augmentation ou la diminution de vitesse des mouvemens respiratoires sous l'influence du froid chez ce groupe d'animaux, est composée d'élémens si compliqués, que nous ne saurions ici nous livrer à cette recherche.

Les faits consignés dans ce chapitre nous fournissent des données sur lesquelles nous pouvons fonder des rapports susceptibles d'applications nombreuses.

Nous avons dit qu'il y a une étendue de température dont les variations n'influent guère sur la vitesse des mouvemens respiratoires des animaux, et que cette latitude est plus ou moins grande suivant la constitution des animaux : c'est un rapport qu'il importe de connaître avec le plus de précision possible, parce que, si nous savions quel genre de constitution conserve plus ou moins, dans les variations de la température extérieure, le rhythme des mouvemens respiratoires qui caracté-

rise la santé, nous serions plus à même de le maintenir ou de le rétablir lorsqu'il est dérangé par cette cause. Ce rapport se présente facilement à l'esprit, en se rappelant ce que nous avons dit de l'effet de la température extérieure sur les mouvemens respiratoires des jeunes animaux à sang chaud et des adultes. Nous avons vu que les mammifères et les oiseaux sont d'autant plus affectés à cet égard par la température extérieure, qu'ils sont plus jeunes. Or, les modifications de fonctions les plus importantes qui caractérisent les différences d'âge chez les animaux de ces deux classes sont celles de la production de chaleur et l'étendue de la respiration. C'est avec le développement de ces deux fonctions que l'on voit diminuer l'influence de la température extérieure sur les mouvemens respiratoires. Cette correspondance subsiste là même où il n'y a pas de différence d'âge. On peut s'en assurer en comparant, à leur naissance, les mammifères qui naissent les yeux fermés à ceux qui viennent les yeux ouverts.

Il en est de même de l'âge adulte : ainsi les mammifères hibernans qui produisent moins de chaleur et consomment moins d'air que les autres animaux de cette classe, éprouvent-ils une altération notable dans leurs mouvemens respiratoires, à un degré de froid qui n'affecterait nullement le rhythme de la respiration des autres.

Il suit des faits que nous venons d'exposer que, lorsqu'un individu éprouve un changement de

constitution qui diminue sa production de chaleur ou la consommation d'air, il ne peut subir le degré de froid qui, auparavant, lui aurait été salutaire, sans que le rhythme de ses mouvemens respiratoires n'en soit tôt ou tard altéré. De là la nécessité, lorsque ces deux fonctions ont éprouvé cette altération, comme dans des cas d'affection organique du cœur et des poumons, de mettre le malade en rapport avec une température plus douce, soit artificiellement, soit en le faisant changer de climat.

CHAPITRE X.

De l'Influence des mouvemens respiratoires sur la production de chaleur.

En étudiant l'influence des mouvemens respiratoires sur la production de chaleur, nous devons nous borner aux mammifères et aux oiseaux ; les reptiles produisent trop peu de chaleur pour que l'on puisse apprécier facilement les causes qui la modifient.

Lorsqu'on voit, ainsi que nous l'avons exposé plus haut, la diminution de la chaleur et des mouvemens respiratoires des animaux hibernans avoir lieu en même temps sous l'influence d'une température basse, nous ne pouvons rien en conclure relativement au sujet que nous nous proposons de traiter. Comme le froid occasione l'un et l'autre phénomène, on ne saurait reconnaître l'influence qu'une fonction exerce sur l'autre. Il en est de même lorsqu'on transporte un de ces animaux du lieu où il a été engourdi dans un endroit chaud : sa respiration s'accélère et sa température s'élève sous la même influence de la chaleur extérieure : du moins c'est tout ce que nous pouvons y voir. Mais il est d'autres faits relatifs à ces animaux où nous reconnaissons la part des

mouvemens respiratoires dans l'élévation de la chaleur. Je citerai des expériences de M. de Saissy:

L'air de l'appartement était à 1°,5 au-dessous de la glace. La température d'une chauve-souris profondément engourdie était de 4°. M. de Saissy l'irrita par des moyens mécaniques, et la laissa exposée à la même température où elle était devenue léthargique. Elle fut une heure à se réveiller : trente minutes après elle avait 15°, et au bout du même espace de temps 27° ; mais elle ne put dépasser ce terme.

Un hérisson également engourdi dans le même endroit n'avait que 3° au-dessus de zéro. Il fut excité de même. Il ne se réveilla qu'au bout de deux heures. Sa température était alors de 12°,5 : une heure après de 30° ; elle ne monta ensuite que de deux degrés dans le même intervalle, et à ce terme elle demeura stationnaire.

Dans les mêmes circonstances un lérot refroidi au même degré fut stimulé de la même manière. Dans une heure sa température était à 25°, et dans le même espace de temps l'animal avait repris sa chaleur naturelle, 36°.

Dans ces expériences, la température extérieure n'est pour rien dans le rétablissement de la chaleur animale : les moyens mécaniques ne paraissent agir qu'en excitant les mouvemens respiratoires et circulatoires, lesquels augmentent les rapports de l'économie avec l'air. Ces mouvemens précèdent l'accroissement de la chaleur, changement

qui survient lentement ; et dans cette succession de phénomènes il serait difficile de ne pas reconnaître les rapports de cause et d'effet.

On verra par les expériences suivantes du même auteur que les moyens d'excitation mécanique n'ont eu aucune part appréciable dans la régénération de la chaleur. Ces faits, très-curieux, présenteront les détails d'un phénomène que nous avons indiqué d'une manière générale dans le chapitre précédent et que nous envisagerons ici sous un autre point de vue. Nous avons dit que le froid, après avoir engourdi un animal hibernant, peut le réveiller lorsqu'il devient intense : c'est par cette cause que les mouvemens de la respiration et de la circulation vont être excités.

Le même jour et à la même heure où M. de Saissy fit les expériences que je viens de rapporter, il plaça sur une fenêtre exposée au nord, avec les précautions nécessaires pour ne pas les réveiller, un autre hérisson et un lérot dont la température était à 4° au-dessus de zéro, tandis que celle de l'atmosphère était à 4° au-dessous. Les mouvemens respiratoires étaient très-faibles. Le lérot s'éveilla un peu plus tard que dans l'expérience précédente, et courut dans sa cage avec légèreté. Dans la première heure, à dater de son exposition au froid, sa température s'éleva également à 25° ; à la fin de la seconde, à 36°. Le hérisson s'est éveillé deux heures et demie après le commencement de l'expérience ; sa chaleur n'était montée

qu'à 12°; au bout de cinq heures elle était à 28°.

Dans cette nouvelle série d'expériences, il est de toute évidence que la cause qui a produit le réveil n'était pas de nature à contribuer directement à la production de chaleur. Si un froid modéré peut la favoriser, comme nous l'avons fait voir ailleurs, un froid plus rigoureux a une tendance contraire. On ne peut se méprendre ici sur son action. Il produit une impression assez vive pour être sentie malgré la torpeur, et déterminer des contractions musculaires qui donnent accès à l'air dans de plus grandes proportions. L'intervention de cet agent fait naître un nouvel ordre de phénomènes parmi lesquels on observe l'accroissement de la chaleur. Nous ne voyons pas, il est vrai, par quel procédé ce changement s'opère; mais il suffit de faire voir qu'il a lieu : c'était là notre objet. Nous reconnaissons de plus dans cet enchaînement de phénomènes un exemple frappant de ces efforts conservateurs, de cette puissance médicatrice dont on a tant parlé, et qu'en général, on a plus sentie que distinguée. Nous aurons plus d'une occasion de faire voir avec quelque précision les moyens qu'emploie la nature animée pour combattre des agens qui menacent l'existence.

Mais la cause qui a excité les mouvemens de ces animaux n'est pas propre à les entretenir. Ils produisent trop peu de chaleur, même en déployant toutes les ressources de leur économie, pour ré-

sister long-temps à la température qui les a stimulés momentanément. Le froid qui les a réveillés soustrait trop rapidement la chaleur renaissante sous l'influence de la respiration et de la circulation pour que le jeu de ces fonctions puisse subsister : aussi leur température ne tarde-t-elle pas à baisser, et ils retombent dans une léthargie qui devient mortelle par l'intensité du froid.

Il n'en est pas de même lorsque, dans un froid modéré, on les excite par des moyens mécaniques : après avoir repris plus ou moins de chaleur, suivant leur faculté d'en produire, ils reviennent au même état où ils étaient auparavant, et dont on peut les tirer de nouveau.

Dans ces observations sur les animaux hibernans, les mouvemens respiratoires, d'abord très-faibles et à peine perceptibles, s'accroissent progressivement jusqu'au degré de vitesse et d'ampleur qu'ils ont dans l'état naturel (1). Il s'agit maintenant de savoir quelle serait l'influence de ces mouvemens sur la température du corps lorsqu'ils sont élevés au-delà du rhythme de la santé. Pour résoudre cette question, nous ne saurions nous appuyer sur des observations tirées des maladies ; les conditions sont trop compliquées et

(1) L'accélération de leurs mouvemens respiratoires ne s'arrête pas toujours à cette limite; mais il est trop difficile de démêler dans leurs mouvemens irréguliers le phénomène que nous allons examiner.

trop obscures pour en déduire des conclusions satisfaisantes : nous prendrons nos exemples chez des animaux dans l'état de santé, dont la constitution soit bien connue, ainsi que les modifications qu'ils éprouvent par les circonstances où ils sont placés. Nous avons dit que de jeunes oiseaux réunis dans leur nid ont une chaleur élevée, quoiqu'ils aient alors peu ou point de plumes, mais que leur température baisse dès qu'on les expose à l'air : dans les premiers jours après leur naissance la marche de leur refroidissement, en pareil cas, est constamment progressive jusqu'au terme où le froid les engourdit. Quelles que soient les modifications de leurs mouvemens respiratoires, cet effet a toujours lieu : aussi n'est-ce pas à cette époque que nous pouvons discerner leur influence sur la chaleur : ils en produisent si peu alors qu'aucun effort de leur organisation ne saurait les soustraire à l'abaissement successif de leur température; mais quelques jours plus tard, lorsqu'ils en développent davantage, on reconnaît souvent par des signes indubitables que l'accélération de la respiration au-delà du terme de santé est une réaction salutaire pour accroître la chaleur du corps et s'opposer à l'action du refroidissement. Quand ils sont très-près de l'âge où ils peuvent soutenir leur température à l'air, voici ce que j'ai observé chez plusieurs individus dont j'ai donné les observations détaillées dans les tables : un d'eux avait 40° et 97 inspirations par

minute. Retiré du nid, et exposé à l'air de l'appartement, qui était à 18°, il perdit dans un quart d'heure 3° : cependant sa respiration s'était accélérée. Il arriva à 120 inspirations qui se soutinrent pendant vingt minutes. Il s'était alors réchauffé d'un demi-degré : quelque temps après il se refroidit de nouveau; mais sa respiration, qui était devenue un peu moins fréquente, acquit de l'ampleur; sa chaleur se rétablit de la même quantité, et persista long-temps à ce terme. Un autre avait 38° et 84 inspirations par minute; un quart d'heure après son exposition à l'air, il se refroidit de trois quarts de degré; sa respiration s'était élevée à 108 inspirations, et continua à ce taux; examiné au bout d'une heure, il avait repris sa température première. Enfin, chez un autre, la respiration s'accéléra, et non-seulement sa température ne baissa pas, mais elle s'éleva d'un degré.

Il y a donc plusieurs cas où l'accélération de la respiration au-dessus du type de la santé peut avoir un effet sensible sur la chaleur animale. Dans le premier, la température du corps baisse sous l'influence de la cause refroidissante; mais par la réaction dont il s'agit, elle remonte un peu, sans cependant se rétablir, et peut ensuite descendre plus bas, en offrant des fluctuations. Dans le second, elle diminue et revient ensuite au point de départ; enfin, dans le troisième, elle ne décline pas, et peut non-seulement se soutenir

mais encore s'élever au-dessus de ce qu'elle était d'abord.

Il résulte des faits précédens, que dans les cas où la température du corps s'abaisse progressivement malgré l'accélération de la respiration, l'effet de cette accélération se borne à ralentir le refroidissement.

CHAPITRE XI.

De la Transpiration.

La transpiration chez l'homme a été long-temps l'objet de nombreuses recherches. Sanctorius s'en est occupé à une époque où la physique expérimentale faisait ses premiers essais. On ne pouvait se douter alors de la quantité considérable de fluide qui se dissipe par la transpiration; car la sueur, qui est presque le seul indice sensible de cette perte, ne se montre qu'accidentellement; tandis qu'une vapeur légère et ordinairement invisible émane sans cesse du corps, et lui forme une espèce d'atmosphère particulière.

C'est la quantité qui se perd ainsi que Sanctorius a déterminée par des recherches statiques; et lorsqu'il annonça que les cinq huitièmes de la nourriture pouvaient s'échapper par cette voie, il dut exciter l'étonnement ou rencontrer l'incrédulité. Il s'occupa pendant un grand nombre d'années à déterminer, par le moyen de la balance, les variations dans la quantité de matière transpirée, dans leurs rapports avec les alimens, les évacuations urinaires et alvines, et autres sécrétions sensibles; le sommeil et la veille, l'exercice et le repos, les sensations de bien-être et de malaise, les

passions, l'état de santé et de maladie, les périodes du jour et de la nuit.

Voilà les rapports qu'il pouvait déterminer avec plus ou moins de précision, en suivant une marche convenable; mais il n'eut pas la même facilité pour apprécier l'action des agens extérieurs, sur lesquels on n'avait alors que des idées fausses ou incomplètes : aussi dit-il peu sur ce sujet, et ce peu est-il vague ou erroné; conséquence inévitable de l'état de la science à cette époque. Mais ce qui a lieu de nous surprendre, c'est qu'étant l'inventeur des recherches statiques, il ait donné si peu de rapports numériques. Il y a plus encore : un grand nombre de ses aphorismes sont fondés sur des raisonnemens et non sur l'emploi de la balance, dans des cas où cet instrument pouvait seul l'instruire. Mais il a ouvert la carrière, et il mérite toute notre reconnaissance.

Ses successeurs ont fourni des données plus positives. Keill, Lining, Rye, Robinson, etc., ont publié des tables de leurs résultats; seul moyen de juger de la valeur des propositions générales, en nous faisant distinguer ce qui est appuyé sur des faits, de ce qui n'est que le produit de l'imagination. Tous les travaux de ce genre portent principalement sur quelques-uns des sujets que j'ai énumérés plus haut en parlant des recherches de Sanctorius.

Notre objet, au contraire, a été d'examiner l'influence de la plupart des agens extérieurs sur

la transpiration des animaux vertébrés. Nous appliquerons à l'homme les faits généraux qui résultent de ces expériences; nous les comparerons à ceux que nous fournissent les savans qui se sont occupés des recherches statiques sur la transpiration; et nous donnerons sur plusieurs points des développemens que nous avons réservés pour cette quatrième partie. Nous avons senti la nécessité de commencer par déterminer la marche de la transpiration dans des temps égaux et successifs, en l'examinant d'abord d'heure en heure, les circonstances extérieures restant sensiblement les mêmes. Il est résulté des expériences sur les vertébrés à sang froid et les animaux à sang chaud que les pertes varient d'heure en heure, présentant des différences considérables en plus ou en moins dans leurs fluctuations continuelles. Les auteurs qui se sont occupés d'expériences statiques ont fait peu d'attention à ce sujet; mais l'application de ce fait est suffisamment appuyée par l'observation suivante de Sanctorius : *Non quâlibet horâ corpus eodem modo perspirat.*

En conséquence de ces variations qui ont lieu dans des circonstances sensiblement les mêmes, on ne saurait apprécier dans cet espace de temps l'influence d'une cause particulière, à moins qu'elle ne soit de nature à produire des effets qui ne se trouveraient pas renfermés dans les limites de ces variations.

C'est faute d'avoir eu égard à ces différences

qu'on a émis une foule de propositions fausses ou hasardées relativement à cette fonction.

On se doute bien, d'après l'existence de cette fluctuation continuelle, qu'il serait en vain de chercher l'heure de la plus grande ou de la plus faible transpiration, lorsque les circonstances ne changent pas de manière à ce que le corps soit exposé à l'influence d'une cause énergique.

Nous avons vu comment cette fluctuation chez les animaux pouvait disparaître en prenant un plus grand espace de temps, et que la marche devenait régulière en décroissant. Nous avons observé que la diminution successive des pertes par la transpiration avait lieu dans des intervalles de deux, de six ou de neuf heures. Si le décroissement s'effectue dans le plus court intervalle, à plus forte raison a-t-il lieu dans les plus longs. L'espace de six heures, intermédiaire aux deux autres, renferme la presque totalité des cas. La généralité de ce phénomène chez les vertébrés est une raison suffisante pour l'admettre chez l'homme, quand même il n'existerait pas à cet égard d'observations spéciales.

Ainsi, en prenant un homme à son lever, dans l'état de santé et dans des rapports qui n'influent pas sensiblement pour faire varier la transpiration, quelles que soient les fluctuations de ses pertes d'heure en heure, on peut estimer qu'elles seront décroissantes de six en six heures. Dans quelques-uns, il est présumable qu'il faudra une plus

grande latitude : celle de neuf heures doit admettre peu d'exceptions. De même, cette diminution successive de la transpiration pourrait s'observer chez des individus de trois en trois heures : ce serait, ce me semble, le minimum de temps. Nous déduirons de ce qui précède que la période de la plus grande transpiration, lorsqu'aucune cause ne vient à la traverse, est, en général, depuis l'heure où l'homme se lève, que nous supposons ici être six heures du matin, jusqu'à midi, et que les pertes sont successivement moindres dans le même intervalle pendant le reste des vingt-quatre heures.

Pour constater cette marche régulière, on conçoit bien qu'il faut non-seulement garder le repos, mais aussi s'abstenir de nourriture et de sommeil ; condition qui n'a pas, comme on s'en doute bien, été remplie par ceux qui ont fait des observations statiques sur l'homme. Cependant on déduira des travaux de plusieurs d'entre eux que la période de six heures, que j'ai déduite des expériences sur les animaux, est parfaitement applicable à l'homme : c'est ce que nous verrons ailleurs ; la discussion ne pouvant s'établir sans la connaissance d'autres faits.

§ Ier. *Influence des repas.*

L'influence des repas mérite d'être examinée, d'autant plus qu'elle a compliqué toutes les re-

cherches de Sanctorius, de Gorter, de Keill, etc., sur la période de la plus grande transpiration. S'ils avaient réduit les conditions à la simplicité que nous avons exposée plus haut, les résultats de leurs expériences se seraient accordés sans peine.

En prenant de la nourriture, on fournit de nouveaux matériaux à la transpiration; mais quand commence-t-elle à y contribuer, et, par conséquent, à l'augmenter? Je me proposerai une autre question qui pourra paraître étrange à ceux qui ne se sont pas occupés de ce sujet. Pendant quelques heures après le repas la transpiration ne serait-elle pas diminuée? Sanctorius avait mis en axiôme que la transpiration est très-faible pendant les trois heures qui succèdent au repas : sans doute qu'il s'est fondé sur les indications de la balance, quoiqu'elles n'aient pas toujours servi de base à ses aphorismes.

Nous dirons cependant qu'il a reconnu par des recherches statiques que la transpiration était faible pendant trois heures après le repas. La raison qu'il en donne paraît avoir eu plus d'influence sur son esprit que l'observation même du fait. La nature est toute à la digestion stomacale; elle lui fournit des matériaux et ne peut guère s'occuper de la transpiration. Ebloui par cette explication, il est probable qu'il s'est trop pressé de généraliser le fait; car on peut tirer d'autres endroits de son ouvrage qu'il a souvent constaté

que la transpiration, en pareil cas, était très-abondante. Je me contenterai d'un aphorisme, et je le citerai textuellement :

Hora dormitionis meridianæ à cibo corpora aliquandò libram, aliquandò selibram excrementorum occultè perspirabilium excernere solent.

Keill, qui a fait des observations comparatives sur la transpiration avant et après le dîner, nous a donné des résultats numériques. Il s'ensuit qu'elle n'était pas moins abondante pendant le travail de la digestion dans l'espace de temps qui nous occupe.

Les expériences de Dodart et autres confirment ces résultats, et vont même au-delà.

Je conclus de ces faits qu'on ne saurait admettre la proposition de Sanctorius, que l'influence de la digestion stomacale, pendant les trois heures qui suivent le repas, rend la transpiration très-faible. Il est vraisemblable que l'afflux des liquides dans le canal digestif, déterminé par la présence des alimens, est une cause qui, considérée isolément, diminue la masse des humeurs qui circulent, et tend par là à diminuer la transpiration. S'il faut du temps pour élaborer les solides et les porter dans le torrent de la circulation, les boissons, au contraire, sont d'une prompte et facile absorption, et peuvent plus que compenser ce défaut.

Je ne prétends pas cependant établir que la

transpiration soit nécessairement plus abondante par l'influence de cette cause ; je veux seulement déduire des faits que j'ai cités qu'elle n'est pas nécessairement diminuée, et que si, comme je n'en doute pas, elle est quelquefois moindre dans cet espace de temps, on doit l'attribuer à cette fluctuation qui a lieu lorsque les intervalles dans lesquels on compare la transpiration sont trop courts.

Il faut cependant qu'il y ait des limites dans lesquelles on puisse observer une augmentation de la transpiration par l'influence des alimens. Voici les conditions nécessaires pour que les expériences soient comparatives et les résultats concluans.

1°. C'est à la même heure qu'elles doivent être faites : cela est important pour que le corps soit, autant que possible, dans les mêmes dispositions pour transpirer.

2°. L'espace de temps pendant lequel la transpiration a lieu doit être assez grand pour qu'on n'ait pas à craindre l'influence des fluctuations dont nous avons parlé : il convient, par conséquent, que cet intervalle soit de six heures, comme nous l'avons déterminé plus haut. Toutes ces conditions paraissent suffisamment réunies dans les recherches de Sanctorius pour que nous en admettions les données.

Il les exprime d'une manière générale dans le 326e aphorisme : *Qui vacuo ventriculo it cubitum, eâ nocte tertiam partem minus more solito circiter perspirat.*

On peut s'assurer qu'il ne s'est pas hâté de conclure d'un trop petit nombre d'expériences. Il revient sur le même sujet dans divers endroits où il donne les quantités perdues dans les deux cas. Les nombres et les proportions diffèrent. C'est ce qui rassure en faisant voir qu'il a multiplié ses recherches, et que le désir de l'uniformité ne l'a pas engagé à trop généraliser les résultats: au lieu du tiers, il trouve quelquefois plus du double.

Il peut se faire que l'augmentation de la transpiration ne s'observe pas toujours par l'action de cette cause et dans cet espace de temps; c'est qu'il y en a une foule d'autres qui influent sur cette fonction. Il est des cas où Sanctorius n'a pas trouvé la transpiration plus abondante après le repas du soir que lorsqu'il s'est couché sans souper. Mais comme c'est par le résultat moyen d'un assez grand nombre d'expériences comparatives qu'on juge surtout en physiologie de l'action d'une cause, on ne saurait douter de l'efficacité de celle-ci.

La durée d'une nuit, dans les recherches de Sanctorius, est de sept heures; et comme l'augmentation de la transpiration par l'influence du repas était considérable, on peut réduire à la limite de six heures l'intervalle dans lequel on reconnaîtra cet effet. Je le répète, on ne saurait l'apprécier en comparant la transpiration pendant la même durée avant et après le repas. Les époques sont

différentes, et nous avons fait voir que dans la marche de cette fonction abandonnée à elle-même, les pertes sont différentes suivant les périodes du jour.

§ II. *Influence du sommeil.*

Nous venons d'examiner une des causes perturbatrices de cette marche. Il en est une autre que j'ai indiquée plus haut, le sommeil : nous allons nous en occuper.

Lorsque, dans le sommeil, on considère que toutes les fonctions de relation sont suspendues, et que dans ce repos paisible et profond les mouvemens du cœur et de la respiration sont ralentis, on ne peut se défendre de décider d'avance qu'il en résulte une diminution de la transpiration. Sans doute, c'est une des opinions les plus probables qu'on puisse se former, sans la fonder sur des mesures comparatives et exactes. Ces mesures ont été appliquées; mais leur emploi exige des précautions qui n'ont pas toujours été prises. De là, peut-être, la divergence des résultats. Qui veut déterminer l'influence du sommeil sur la transpiration ne doit pas comparer les pertes qui se font alors avec celles qui les précèdent ou les suivent, quoiqu'il les compare dans la même durée. Les périodes sont différentes, et nous avons fait voir la nécessité qu'elles soient les mêmes pour rendre les expériences comparatives.

Afin de juger de l'influence du sommeil, il faut

donc le mettre en parallèle avec l'insomnie pendant la même période.

On ne trouve que dans Sanctorius et Keill des observations qui puissent fournir quelques données à cet égard. L'un et l'autre nous apprennent dans leurs aphorismes que la transpiration, pendant les nuits que l'on passe à s'agiter fréquemment dans son lit, loin d'être augmentée, est au contraire diminuée. Il est évident que l'un et l'autre comparent la transpiration pendant une nuit d'insomnie avec une nuit de sommeil. Sanctorius revient si souvent sur ce sujet, qu'il faut qu'il ait souvent observé cette influence relative du sommeil et de la veille. On peut déduire le même résultat des aphorismes où il parle de la transpiration pendant le sommeil du jour, que l'on appelle *sieste* ou *méridienne*.

J'ai eu plusieurs fois occasion de reconnaître cette disposition du sommeil à augmenter la transpiration; non que je l'aie appréciée par des moyens statiques; mais ils étaient suffisans pour me permettre de former une opinion. Souvent j'ai observé sur des enfans de différens âges, bien portans et endormis, un degré de sueur qui m'étonnait par le peu de rapport qu'il avait, soit avec la chaleur de l'air, soit avec l'épaisseur des couvertures. Je me suis assuré que chez eux ce n'était pas un effet accidentel, mais une tendance habituelle pendant le sommeil.

Toutefois ces faits prouvent seulement que la

transpiration peut être quelquefois augmentée pendant le sommeil, et dans l'état de santé, sans qu'on puisse l'attribuer à l'action des causes extérieures. D'ailleurs, je n'ai présenté les observations précédentes sur l'influence de la nourriture et du sommeil que pour faire sentir la nécessité de prendre en considération la diminution naturelle de la transpiration dans le cours des vingt-quatre heures, et la période de temps dans laquelle elle se manifeste, sans quoi on n'aurait pas les élémens nécessaires pour apprécier l'influence de ces causes et de plusieurs autres.

Celles qui sont spécialement de mon sujet se rapportent aux diverses modifications de l'air; telles que l'état hygrométrique, le mouvement et le repos, la pression, la température de ce fluide.

§ III. *Influence de l'état hygrométrique de l'air.*

Lorsqu'on apprécie les effets des variations dans l'état hygrométrique de l'air, on doit se rappeler que les autres conditions de ce fluide restent les mêmes. Il faut donc qu'il n'y ait pas de différence dans les mouvemens, la température de l'air, etc.; conditions qu'on ne peut réunir qu'au moyen de l'expérimentation. On sait que la dénomination d'air sec est ordinairement un terme relatif, et qu'il n'est absolu que lorsqu'on exprime la sécheresse extrême; état de l'atmosphère qui ne se présente pas dans nos climats, excepté à de grandes hauteurs.

En appliquant à l'homme les résultats des expériences faites sur les vertébrés, nous dirons que les états relatifs de sécheresse de l'air, tels que nous les avons consignés dans les tables, comparés à l'humidité extrême, augmentent considérablement la transpiration dans de certaines limites de température. Cette restriction est indispensable pour que la proposition soit vraie. On verra plus tard la raison et les faits sur lesquels elle repose. J'ajouterai que l'homme doit être en santé, et dans cet état ordinaire de la transpiration où elle est insensible; en ce cas, des degrés de sécheresse modérée peuvent rendre les pertes de poids par la transpiration six ou sept fois plus grandes que dans les cas d'humidité extrême, et même aller beaucoup au-delà. Ces rapports, qui ont été constatés non-seulement sur des animaux à sang froid, mais aussi sur des animaux à sang chaud, font voir, par leur généralité, que l'homme n'y fera pas exception.

La température, à laquelle ces expériences ont été faites n'excédait pas 20°. La prédominance de la transpiration dans l'air sec sur celle qui se fait dans l'air humide n'a pas lieu à toutes les températures. Le phénomène inverse est produit par une grande élévation de la chaleur extérieure, comme nous l'exposerons dans la suite.

En voilà assez pour faire entrevoir que la fonction de la transpiration est complexe, en partie physique et en partie vitale. La cause de l'augmen-

tation des pertes par transpiration dans l'air sec, comparée à celles qui ont lieu dans l'air humide, est évidente. L'évaporation de l'eau est plus abondante dans l'air sec; toutes les surfaces du corps, en contact avec l'air, sont imprégnées d'eau, et les propriétés des corps vivans, quelles qu'elles soient, ne sauraient empêcher ce liquide de se convertir en vapeurs, en quantité plus ou moins grande, suivant le degré de sécheresse de l'atmosphère. En effet, on augmente les pertes par la transpiration en augmentant la sécheresse de l'air, si on ne complique pas l'expérience d'un élément qui a une action spéciale sur l'économie vivante. Une diminution du poids du corps, plus grande dans l'air sec que dans l'air humide, aurait lieu également chez un animal privé de vie : l'effet, dans l'un et l'autre cas, proviendrait de la même cause; mais la mesure en serait différente, parce que, entr'autres raisons, la circulation dans le corps vivant porte un afflux de liquide vers la surface, et fournit ainsi plus de matériaux à l'évaporation.

Il y a une circonstance qui accompagne l'augmentation de la transpiration dans l'air sec qui mérite d'être examinée en passant. Il est notoire que l'évaporation ne saurait être augmentée sans produire un refroidissement; toute eau qui se convertit en vapeurs exige une certaine quantité de chaleur, et d'autant plus que l'évaporation est plus grande. On sait que le froid tend à dimi-

nuer les pertes par la transpiration : or, malgré le refroidissement causé par l'évaporation, les pertes par la transpiration ne laissent pas d'être plus grandes dans l'air sec que dans l'air humide, en y mettant la restriction relative à la température extérieure dont nous avons parlé plus haut.

Les auteurs qui se sont occupés de recherches statiques sur la transpiration de l'homme, n'ont fait aucune difficulté d'admettre que la sécheresse de l'air l'augmente : malgré la complication des circonstances dans lesquelles ils ont observé, ils ont cru reconnaître cet effet.

§ IV. *Effet du mouvement et du repos de l'air.*

Gorter, quoiqu'il ait donné plus d'attention que les autres observateurs à l'influence de l'état hygrométrique de l'air, et qu'il ait attribué l'augmentation de la transpiration dans l'air sec à une plus grande évaporation, est loin d'avoir apprécié toute l'énergie de cette cause. Tant qu'il ne compare que les effets de l'état hygrométrique de l'air abstraction faite de son mouvement, il reconnaît l'influence relative des degrés de sécheresse et d'humidité. Il assimile avec raison le premier état à la chaleur, et le second au froid. Mais lorsqu'il s'agit des effets du mouvement et du calme de l'air, il n'est pas conséquent : il ne considère que le résultat du refroidissement causé par le renouvellement des couches d'air échauffées par le corps

il appuie donc les aphorismes de Sanctorius relatifs à la diminution de la transpiration insensible par l'agitation de l'air. Il est évident, par la lecture de son ouvrage, qu'il ne s'est pas fondé sur l'expérience, mais sur un raisonnement erroné. Le mouvement de l'air, comme nous l'avons exposé ailleurs, n'agit pas seulement en changeant la température des couches d'air en contact avec le corps, mais aussi son état hygrométrique. L'atmosphère qui entoure le corps est en même temps plus chaude et plus humide; si l'air qui la remplace est plus froid, il est aussi plus sec, et l'on sait que la seule différence du courant peut, suivant sa vitesse, augmenter, pour ainsi dire, indéfiniment la vaporisation.

J'ai établi, dans d'autres parties de cet ouvrage, par des expériences directes, que le mouvement de l'air agissait de même sur l'économie animale, pour augmenter la transpiration insensible. Cette cause est tellement puissante que des différences qui paraissent très-légères dans les mouvemens de l'air, et qui sont quelquefois imperceptibles, en amènent de très-grandes dans les pertes par la transpiration; tant les conditions physiques qui influent sur l'évaporation ont de part dans les résultats de cette fonction !

Nous en avons examiné deux, l'état hygrométrique et le mouvement de l'air. Il est nécessaire de se rappeler ici que cet effet du mouvement de l'air n'est applicable qu'aux circonstances où

il n'y aurait pas une disposition marquée à la sueur.

§ V. *Influence de la pression atmosphérique.*

Nous passerons maintenant à l'influence que la pression atmosphérique exerce sur la transpiration.

Les observateurs ne nous ont rien laissé sur ce sujet, pas même des conjectures. Sanctorius, qui s'en permet beaucoup, et qui les présente souvent comme des résultats, n'en dit pas un mot dans ses nombreux aphorismes. Il en aurait probablement parlé s'il avait vécu à une époque plus moderne. Il était contemporain de Galilée, qui avait découvert la pesanteur de l'air; mais la construction et l'usage du baromètre, qui sert à faire reconnaître les variations du poids de l'atmosphère, l'invention des instrumens qui raréfient ou condensent l'air, sont postérieurs au temps de Sanctorius. Keill, qui tenait une note exacte des hauteurs barométriques dans le cours de ses observations statiques, n'a pu reconnaître dans les pertes par la transpiration des variations correspondantes aux changemens de la pression de l'atmosphère. Il en est de même de ses successeurs.

Ce n'est pas que la pression de l'air soit réellement sans influence sur la transpiration; mais il est difficile de la démêler par la simple observation dans cette foule d'effets que produisent sur

cette fonction les diverses modifications de l'air.

Ce n'est que depuis peu que les physiciens sont parvenus à déterminer l'influence du poids de l'atmosphère sur la vaporisation. Ils nous ont appris que la diminution de pression sur les liquides accélère leur conversion en vapeur. Après toutes les preuves que nous avons rapportées de l'empire que les causes physiques de ce genre exercent sur la transpiration, nous ne saurions guère douter que celles que nous venons d'indiquer n'agissent de même sur l'économie animale. Cependant j'ai cherché à m'en assurer par des preuves directes. J'ai comparé la transpiration d'animaux placés sous le récipient de la machine pneumatique, en y raréfiant l'air, avec celle d'individus de même espèce exposés en même temps à l'air libre. Les animaux à sang froid sont les plus propres à ce genre d'expériences. Ils souffrent peu de la raréfaction à laquelle il faut porter l'air pour obtenir promptement des effets sensibles : l'on écarte ainsi les causes de complication qui rendraient les résultats peu décisifs en opérant sur les animaux à sang chaud, et l'on reconnaît que dans l'air raréfié et dont, par conséquent, on diminue la force élastique, ce qui représente la diminution du poids de l'atmosphère, les pertes par la transpiration sont augmentées. J'ai rapporté ces expériences dans le premier chapitre de cet ouvrage. Je n'hésite pas à en appliquer les résultats aux animaux à sang chaud, et à l'homme.

§ VI. *Transpiration par évaporation et par transsudation.*

Voilà trois conditions qui influent notablement sur la transpiration, l'état hygrométrique, le mouvement et la pression de l'air. Remarquons qu'elles n'agissent que sur la transpiration insensible; c'est elle qui est augmentée par la sécheresse, l'agitation et la diminution de poids de l'atmosphère. Ces causes ne provoquent pas la sueur, du moins directement, et la raison en est évidente: c'est qu'elles agissent d'une manière physique; elles diminuent la masse des liquides en déterminant une partie à se convertir en vapeurs. La sueur, au contraire, est une perte qui se fait ordinairement par une action vitale sous la forme d'un liquide qui transsude; ce qui nous conduit à distinguer deux modes de transpiration, l'un par évaporation, et l'autre par transsudation. Ils paraîtraient d'abord équivaloir à la transpiration insensible et à la sueur; mais ces dénominations, quoiqu'elles puissent quelquefois être substituées l'une à l'autre, ne sont pas équivalentes. La distinction est facile: tout ce qui se perd par la transpiration insensible ne doit pas être considéré comme le résultat de la transpiration par évaporation. La peau n'est-elle pas un organe excréteur capable d'éliminer du corps une certaine quantité de liquide, indépendamment du con-

cours des agens extérieurs, comme les voies urinaires séparent une partie des matériaux du sang et la portent au dehors ? Tout ce que la peau perdra en vertu de cette faculté se fait par transsudation. Le liquide qui sort par ce moyen peut être en si petite quantité, ou s'il est abondant, se dissiper si promptement en vapeur, qu'il soit insensible; et l'on ne donne ordinairement le nom de sueur qu'à la transsudation visible. Même on peut appeler sueur le produit de la transpiration par évaporation, lorsque, par des causes quelconques, il vient à être condensé et précipité sur la peau sous la forme d'un liquide.

Toutes les pertes par la transpiration se rapportent à ces deux modes d'action. Elles se partagent entre l'évapporation, qui est un procédé physique, et la transsudation, qui paraît le plus souvent une action vitale.

La transpiration par évaporation a lieu, comme nous l'avons déjà remarqué, sur le mort comme sur le vivant. Elle est indépendante de toute espèce de transsudation. Elle est une conséquence de la porosité des corps organisés, porosité telle que les liquides près des surfaces en contact avec l'air diminueraient de quantité en se convertissant en vapeurs, quand même les pores ne seraient pas de nature à donner passage à une seule goutte de liquide; mais les corps vivans ont la faculté d'éliminer par leur surface extérieure une certaine quantité de liquide; fonction qui paraît s'exercer

toujours, seulement avec plus ou moins d'activité; qui peut être modifiée par les agens extérieurs, mais qui dépend essentiellement de causes inhérentes à l'économie vivante : c'est sous ce rapport seul que la transpiration est une sécrétion comparable aux autres sécrétions du corps. Nous avons dit plus haut que si cette sécrétion n'existait pas, la transpiration par évaporation ne laisserait pas d'avoir lieu; réciproquement la transsudation a lieu indépendamment de l'autre mode de transpiration.

Comme ils sont ordinairement réunis, il serait intéressant de déterminer la part de l'un et de l'autre; nous saurions ainsi ce que nous devons aux procédés physiques, et ce que nous devons aux fonctions vitales. Rien ne paraît plus facile en théorie que d'établir cette distinction. Il ne s'agit que de supprimer les conditions physiques qui permettent l'évaporation, et s'il se fait encore des pertes par transpiration, elles proviendront de la transsudation. On obtiendrait ainsi le rapport dans des conditions données entre la transpiration par évaporation et celle par transsudation. Mais pour que cette méthode puisse être appliquée, il faut avoir égard aux considérations suivantes.

Remarquons que, pour supprimer entièrement la transpiration par évaporation, il faut non-seulement que l'air soit à l'humidité extrême, mais aussi à un degré de température qui ne doit pas être

inférieur à celui de l'animal. Si l'air était plus froid, il s'échaufferait par le contact du corps; il cesserait alors d'être à l'humidité extrême, et il permettrait une évaporation relative au degré dont il serait échauffé. Plus la température de l'animal est élevée au-dessus de celle de l'air, plus ce fluide pourra s'échauffer par le contact, s'éloigner, par conséquent, davantage du point de saturation, et augmenter la part de l'évaporation. En se servant de vertébrés à sang froid, on peut supprimer presque entièrement la perte par évaporation. Leur température n'est pas toujours supérieure à celle de l'atmosphère, comme on le pense assez généralement; elle est quelquefois même plus basse; et lorsqu'elle s'élève au-dessus, ce n'est ordinairement que de quelques fractions de degré, et au plus d'un ou deux degrés centigrades. La moyenne de ces différences, en plus ou en moins, en donne bien une au-dessus de la température de l'air; mais elle est si légère qu'on peut la négliger dans ce genre d'expériences.

Nous regarderons donc l'évaporation comme nulle lorsqu'on place un vertébré à sang froid dans l'air porté à l'humidité extrême.

Pour trouver le rapport des pertes par transsudation et par évaporation dans l'air sec, il faut retrancher de la perte totale celle qui a lieu dans de l'air humide. On voit par les tables de la transpiration des vertébrés à sang froid que le rapport

froid. Voyons ce qui résulterait pour les premiers d'une très-basse température. On sait, par l'effet que le froid produit sur la sueur, qu'il diminue la transsudation. Or, supposons qu'il puisse, par son intensité, la supprimer totalement : il restera la transpiration par évaporation qui aura toujours lieu, quoique l'air soit à l'humidité extrême : nous en avons donné plus haut la raison. La température élevée de l'homme et des animaux à sang chaud échauffe l'air en contact avec leur corps, change son état hygrométrique en l'éloignant de l'humidité extrême, et détermine l'évaporation. Si, au contraire, on élève la température de l'air au niveau de celui du corps en même temps qu'on le porte à l'humidité extrême pour supprimer l'évaporation, on excite la transpiration par transsudation; et ce sera à tel point que, chez l'homme et d'autres animaux, la sueur ruissellera par tout le corps. On ne peut donc dans aucun cas supprimer leur transpiration; elle aura lieu d'une façon ou d'autre, soit par évaporation, soit par transsudation. Ainsi l'on doit se garder de prendre à la lettre ce que l'on trouve dans tous les livres de médecine relativement aux suppressions de la transpiration. Il n'y en a pas, et il ne saurait y en avoir; mais il y a des suppressions de sueur : cela est visible pour tout le monde. Il ne s'ensuit cependant pas que même dans ces cas il n'y ait pas de transsudation; car dans les cas ordinaires de la transpiration insensible, il y a une perte qui se

fait par transsudation, comme nous l'avons fait voir plus haut.

Comme il est difficile de s'assurer directement si la transsudation est jamais entièrement supprimée chez l'homme et les animaux à sang chaud, voyons ce que les vertébrés à sang froid nous présenteront sur cette matière.

Les batraciens sont les plus propres à ce genre de recherches, à cause de leur peau nue, de la finesse de ce tégument, de l'abondance des pertes qui peuvent se faire par cette voie, et par conséquent des rapports que leur transpiration présente avec celle de l'homme.

En soumettant des grenouilles à la température de zéro dans de l'air humide pour supprimer la transpiration par évaporation, elles ont perdu par transsudation, dans différentes séries d'expériences, la trentième partie de leur poids. La transsudation est plus abondante chez ces animaux que chez l'homme placé dans des circonstances beaucoup plus favorables. Lorsque l'on considère la sensibilité de ces êtres à l'action du froid, combien il diminue à ce degré l'activité de toutes leurs fonctions, et combien ils peuvent perdre par la transsudation à une aussi basse température, il n'est pas présumable que le froid supprime ce mode de transpiration chez l'homme, d'autant plus qu'ayant une chaleur propre qui varie très-peu avec la température extérieure, c'est une condition qui doit contribuer puissamment à entretenir la transsudation.

Elle pourra être très-diminuée par l'action du froid ; mais il ne paraît pas qu'elle soit susceptible d'être totalement supprimée.

C'est une chose remarquable, quoique ce soit un fait connu de tout le monde, que même lorsque la vie est défaillante et qu'elle paraît prête à nous échapper, le corps se couvre de sueur, tant cette fonction a de tendance à persister.

Comme nous ne pouvons guère déterminer par des expériences directes sur l'homme et les animaux à sang chaud les variations dans les proportions de la transsudation à des températures inférieures à celle de leur corps, parce que les pertes par ce mode de transpiration se confondent avec celles par évaporation, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, il faut avoir recours aux moyens indirects qui nous ont déjà servi en pareille occurrence.

§ VII. *De l'Influence de la Température.*

En étudiant l'influence de la température sur la transsudation des batraciens à différens degrés, de 0° à 40 centig., dans de l'air saturé d'humidité pour supprimer la transpiration par évaporation, nous avons observé que l'augmentation des pertes par la transsudation de 0° à 10° était très-légère ; qu'il en était de même de 10° à 20° mais qu'à 40° l'accroissement était considérable qu'en comparant la somme des pertes dans l'es

pace de six heures à la température de 0° et celle qui a lieu à 40°, elles étaient à-peu-près comme 1 : 5,5.

En élevant la température de l'air humide à 40°, on peut obtenir d'aussi grandes pertes par la transsudation que celles qui résultent de la seule transpiration par évaporation dans un air suffisamment sec, mais à une température qui n'excède pas 20°.

Quelle induction pouvons-nous tirer de ces faits relatifs à des animaux à sang froid qui soit applicable à l'homme et aux animaux à sang chaud?

Nous dirons d'abord qu'il est probable, d'après ce que nous venons d'exposer, que la transsudation chez eux ne reçoit que de faibles accroissemens par des élévations de température à différens degrés entre 0° et 20°; que, si nous cherchons à vérifier cette application par les indices que la simple observation peut nous fournir, dans l'impossibilité où nous sommes d'appliquer des mesures exactes, nous en trouverons la confirmation. Tout le monde a eu l'occasion de reconnaître, qu'entre les limites de température que nous venons d'indiquer, on n'observe guère de sueur chez l'homme lorsqu'il est dans le repos, en parfaite santé et libre de toute agitation de l'âme; mais lorsque la chaleur s'élève au-dessus de ce terme, seulement de 5° à 6°, on voit la transsudation se manifester sur un grand nombre de personnes dans la situation la plus paisible du corps et de l'esprit, pourvu que l'air ne soit ni trop sec ni

trop agité. Pour peu que la chaleur devienne plus intense, la sueur s'accroît dans une proportion qui paraît beaucoup plus forte que celle de la température. Il y aura donc un degré où la perte par la transsudation pourra égaler celle que produit la transpiration par évaporation dans un air très-sec à 20° et au-dessous.

Suivons les modifications de la transpiration dans un air dont la température s'élèverait progressivement. Il en résulterait deux effets que nous allons comparer. L'accroissement de chaleur au-dessus de 20° augmenterait rapidement la transsudation; d'autre part, l'air, devenant plus chaud, augmenterait l'évaporation dans une progression croissante; mais la transpiration par évaporation ne suit pas nécessairement la même marche. En voici la raison: à mesure que la sueur devient abondante, elle se répand sur le corps, y forme une couche extérieure plus ou moins étendue. Dans cet espace où la sueur intercepte le contact de l'air avec la peau, il n'y a point de transpiration par évaporation; il y a de l'évaporation aux dépens de la couche de sueur toujours entretenue par la transsudation, mais point de liquide dans ces parties qui s'évapore de l'intérieur à travers les pores, et partant, plus de transpiration par évaporation. Cette suppression sera générale pour les tégumens lorsque la sueur les recouvre partout. L'évaporation aura toujours lieu; mais ce ne sera pas par transpiration; ce qui n'est pas une circonstance indifférente pour

l'économie, comme nous le ferons voir dans la suite. Pour que cette diminution progressive de la transpiration par évaporation à la peau ait lieu dans un air sec et de plus en plus chaud, il est évident qu'il doit être calme ou peu agité; car le mouvement de l'air suivant sa vitesse augmente, pour ainsi dire, indéfiniment l'évaporation; d'où il résulte que la sueur pourra être si promptement enlevée dans un air sec, très-chaud et suffisamment agité, que les deux modes de transpiration par évaporation et par transsudation aient lieu en même temps, comme à de plus basses températures.

Ce que nous avons dit de ces deux modes de transpiration se rapporte aux fonctions de la peau; ce qui nous conduit à comparer la transpiration cutanée et pulmonaire.

§ VIII. *Transpiration cutanée et pulmonaire.*

Sanctorius et Gorter n'ignoraient pas la transpiration pulmonaire; mais les moyens qu'ils employaient pour en évaluer la quantité sont tellement imparfaits, qu'il est inutile d'en rapporter les résultats. Hales se servit de procédés plus exacts; mais nous ne nous y arrêterons pas, et nous passerons aux temps de Lavoisier et de Séguin, où la chimie et la physique étaient beaucoup plus avancées.

Je ne donnerai pas la description des moyens

que ces savans ont employés pour l'établir. Je me contenterai d'en présenter les résultats. Ils ont estimé la perte moyenne par les deux organes, dans l'espace de vingt-quatre heures, à deux livres treize onces, dont une livre quatorze onces se dissipent par la peau, et quinze onces par les poumons; ce qui donne le rapport de 2 : 1. La diminution de poids par les poumons ne serait donc que la moitié de celle qui se fait par la peau (1).

Dans cette perte, il y a une partie due à l'eau des poumons qui s'évapore, une autre aux changemens chimiques de l'air dans la respiration, tels que la production d'acide carbonique, etc. Je ne donnerai pas les proportions trouvées par ces savans relativement à la quantité d'eau et aux altérations chimiques de l'air : elles ne sont pas regardées comme suffisamment exactes. Ce qui paraît certain, c'est que l'eau est la perte prédominante. La différence dans la manière dont ce liquide se dissipe par les poumons et la peau mérite une attention particulière.

Quelque transsudation qu'il y ait à l'intérieur des poumons, il n'en peut sortir de liquide que sous la forme de vapeur. Un air nouveau y pénètre à chaque inspiration; il s'échauffe et y séjourne assez pour que toute sa masse s'élève à-peu-près à la température du corps; et, en vertu de cette

---

(1) Voyez *Traité élementaire de Chimie*, par Lavoisier, 3e édition, page 228.

élévation acquise, quelqu'ait été son état hygrométrique antérieur, il convertit en vapeur le liquide avec lequel il est en contact, et se répand avec elle dans l'atmosphère, lorsqu'il est expulsé par l'expiration. Il n'entraîne pas avec lui d'eau à l'état liquide, ni aucune autre substance sous cette forme. Il n'y a donc pas de perte par *transsudation pulmonaire*. Toute la transpiration relativement à l'eau s'y fait par *évaporation ;* différence considérable entre les poumons et la peau, où les deux modes de transpiration sont réunis. Elle tient à leur structure, en ce que l'un de ces organes est une cavité qui ne permet pas l'écoulement d'un liquide; l'autre une surface tellement disposée, qu'elle le laisse de toutes parts s'échapper au dehors. Voilà donc une des raisons pour lesquelles les pertes par la transpiration cutanée sont plus abondantes chez l'homme que celles qu'occasione la transpiration pulmonaire. Si cette cause influe peu dans des températures modérées, elle est tout-à-fait prédominante dans les hautes températures, et suffit seule pour déterminer une perte de poids beaucoup plus grande en faveur de la peau. Par cette double source de transpiration à la peau, elle est sujette, comme nous l'avons fait voir, à de grandes variations. Par sa plus grande simplicité, la transpiration pulmonaire est beaucoup plus régulière, et, par conséquent, les pertes sont beaucoup plus semblables à des époques différentes. Elle est soumise

au rhythme de la respiration, qui n'est certainement pas invariable, mais qui a une grande tendance à l'égalité. Cependant la perte d'eau par les poumons est susceptible d'être supprimée, par la raison que, se faisant par un procédé physique, on peut l'arrêter par les conditions physiques qui empêchent l'évaporation. Dans un air saturé d'humidité dont la température serait égale à celle du corps ou au-dessus, il n'y aurait plus de transpiration aqueuse par les poumons, parce qu'il n'y aurait plus d'évaporation; tandis que la transpiration cutanée aurait lieu, non par évaporation, mais par transsudation, et cela dans une très-forte proportion.

§ IX. *Transpiration dans l'eau.*

Supposons que l'eau, en contact avec la peau, n'ait aucune action physiologique sur cet organe. En ce cas, elle se bornerait à empêcher le contact de l'air; et, par conséquent, à supprimer la transpiration par évaporation à la peau. Il resterait la perte par transsudation à la peau, qu'il faudrait ajouter à celle qui se fait par les poumons.

CHAPITRE XII.

Absorption dans l'eau.

Nous avons supposé que l'eau était sans action spéciale sur la peau, et qu'elle n'agissait qu'en interceptant le contact de l'air. Nous allons maintenant examiner si la présence de l'eau ne produit pas un autre effet qui complique les résultats.

Lorsque l'eau est en contact avec la peau de l'homme, n'y a-t-il pas absorption de ce liquide ? Séguin a fait des expériences comparatives sur les changemens qui surviennent au poids du corps par l'exposition à l'air, et par l'immersion dans l'eau, d'après lesquelles il n'admet pas cette action (1). Mais le résultat de ces expériences peut être envisagé sous un autre point de vue, en partant de faits relatifs aux animaux. Voyons d'abord ces faits :

Nous avons constaté dans la partie de cet ouvrage qui traite des vertébrés à sang froid, que les batraciens, soit qu'ils aient la peau lisse, comme les grenouilles, soit qu'ils l'aient rugueuse et plus épaisse, comme les crapauds, sont susceptibles d'absorber beaucoup d'eau par la surface extérieure ; que la quantité absorbée ne se borne pas à imbiber le tissu de la peau, mais

(1) *Mémoires sur les Vaisseaux absorbans, etc.* Voyez *Annales de Chimie*, tom. xc, pag. 185, etc.

qu'elle se répand dans l'économie et s'y distribue aux différentes parties. Ces animaux et l'homme ont la peau nue; condition la plus favorable à l'absorption. Il est vrai que la peau de l'homme, par la nature de son épiderme, la dispose moins à l'absorption; elle ne laissera cependant pas de jouir de cette faculté à un très-haut degré. On n'en saurait douter, d'ailleurs, lorsqu'on observe ce qui se passe chez des animaux dont les tégumens paraissent le moins susceptibles de donner passage à l'eau.

Je ne parlerai pas ici des poissons écailleux, chez qui j'ai constaté l'absorption par la surface extérieure, parce qu'on pourrait l'attribuer aux nageoires, dont les membranes sont d'une grande finesse.

Mais je rapporterai des faits relatifs aux lézards, que je n'ai pas consignés ailleurs. Leur peau, toute écailleuse, paraissait devoir opposer un obstacle insurmontable à l'absorption par cette voie. Je soupçonnais cependant que cela pouvait ne pas être vrai, et je résolus de m'en assurer par l'expérience. Je sentais bien que, pour y réussir, il ne suffisait pas de les prendre au hasard, et de les peser avant et après l'immersion dans l'eau; il fallait que l'absorption fût sensible par un accroissement de poids de l'animal. A cet effet, il fallait préalablement mettre l'animal dans des conditions telles que la faculté de transpirer fût considérablement diminuée et la faculté d'absorber aug-

mentée le plus possible; car il ne saurait y avoir un accroissement de poids dans l'eau si l'absorption ne prédomine sur la transpiration. En faisant d'abord subir à un lézard une perte considérable par la transpiration dans l'air, on l'éloigne ainsi de son point de saturation, et nous avons constaté ailleurs qu'à mesure qu'un animal s'en éloigne sa faculté d'absorber augmente dans une proportion croissante, en même temps que la transpiration devient de moins en moins abondante.

D'après ce principe, j'exposai un lézard à l'air libre pendant plusieurs jours, pour déterminer une perte notable de son poids; car sa transpiration est faible. Je l'introduisis ensuite dans un tube en l'assujettissant par une patte de devant et une de derrière aux extrémités du tube. Je le plaçai dans l'eau de manière à n'y faire entrer que la queue, les pattes postérieures et la partie postérieure du tronc. Je le pesai ensuite à des intervalles éloignés. Il augmenta successivement de poids jusqu'à ce qu'il eût suppléé à la perte qu'il avait éprouvée par la transpiration dans l'air. Je cessai alors l'expérience. L'absorption n'était pas une simple imbibition se bornant à la surface: l'eau pénétrait à l'intérieur et se distribuait à toute l'économie. Le corps et les membres avaient repris leur rondeur et leur embonpoint; et la vie, qui n'aurait pas tardé à s'éteindre à l'air, comme il était arrivé à plusieurs autres individus que j'avais exposés en même temps, et que les pertes

par la transpiration avaient fait périr; la vie, dis-je, de cet animal fut prolongée par le liquide que l'absorption à la surface extérieure lui avait fourni pour réparer ses pertes.

Si la peau écailleuse du lézard permet une absorption telle que le résultat ait une aussi grande influence sur l'économie, il serait impossible de ne pas attribuer cette faculté à la peau de l'homme. Voyons maintenant comment cette condition ajoutée à la transpiration influe sur le poids du corps dans l'eau.

La peau de l'homme en contact avec l'eau exerce deux fonctions, la transsudation et l'absorption. Ces deux actions sont opposées. La diminution du poids qui résulte de l'une est plus ou moins réparée par l'autre, et, suivant leur proportion respective, la perte par la peau sera seulement diminuée, ou exactement compensée, ou enfin, si l'absorption prédomine, il y aura un accroissement de poids par cette voie.

Prenons le cas où la transpiration et l'absorption cutanée se compensent : la diminution du poids d'un homme plongé dans un bain sera précisément égale à celle qui provient de la transpiration pulmonaire. Si tel était le résultat de l'expérience; si, dis-je, on constatait que la perte pendant la durée du bain ne surpasse pas celle qui se fait par la voie des poumons, on y verrait un exemple d'absorption; car elle aura agi pour annuler l'effet de la transsudation, sans quoi la

perte de poids serait plus grande que par la seule transpiration pulmonaire.

Dans le chapitre précédent, nous nous sommes fondés, pour établir le rapport de la transpiration pulmonaire à la perte totale dans l'air, sur les données précédentes de Lavoisier et de Séguin. Dans leur second Mémoire sur la Transpiration (voyez *Annales de Chimie*, t. XC, p. 22, 11[e] résultat), ils ont donné un autre raport qui diffère assez du précédent pour que je le cite ici. Au lieu de 6 : 18, rapport de la transpiration pulmonaire à la transpiration générale dans l'air, ils donnent 7 : 18.

Dans la première série d'expériences, où Séguin compare la perte dans l'eau à celle dans l'air, il trouve le rapport suivant : 6,5 : 17. Il s'ensuit que la perte dans le bain n'a pas excédé la transpiration pulmonaire. Il ne nous en faut pas davantage pour y trouver un exemple de l'absorption rendue sensible par ses effets sur le poids du corps, puisque nous n'y trouvons pas l'excédant de perte qui devrait résulter de la transsudation dans le bain. Ce que je dis de la première série d'expériences est également applicable à la seconde. Séguin n'y voit que l'absence de l'une et de l'autre action ; ce qui certainement expliquerait fort bien le résultat si l'on était disposé à faire le sacrifice des deux fonctions (1).

---

(1) Si l'on voulait pousser plus loin la comparaison des résultats numériques, on pourrait en tirer un plus grand parti ; car la perte dans le bain, dans les deux séries d'expériences,

À des températures plus élevées, il est forcé, par le résultat de ses recherches, d'admettre la transsudation dans l'eau; mais il la suppose nulle entre 12°,5 et 22°,5 centig., limites entre lesquelles il a obtenu les rapports précédens; et de là point de nécessité d'admettre l'absorption, à plus forte raison lorsque, par une chaleur plus élevée du bain, la perte y excède celle par la simple transpiration pulmonaire, ne peut-il apercevoir l'effet de l'absorption : aussi ne l'admet-il pas.

Il est des cas où les preuves directes sont impossibles, mais dans aucune autre science plus qu'en physiologie. Tantôt, comme lorsqu'il s'agit de l'homme, il arrive souvent, et je dirai même le plus souvent, qu'il ne saurait être soumis à l'expérience : alors la preuve directe manque tout-à-fait. D'autres fois, lorsqu'on peut le mettre à l'épreuve, les résultats sont équivoques, parce qu'ils peuvent s'expliquer dans deux hypothèses : c'est le cas actuel. Que faire alors ? Il faut avoir

---

comparée à celle dans l'air, est plus faible que le rapport de la transpiration pulmonaire à la transpiration générale dans l'air. D'où il résulterait rigoureusement que l'absorption a excédé la transsudation, en supposant toutefois que les expériences aient été faites d'une manière bien comparative : par exemple, que l'air respiré dans le bain ait été au même degré hygrométrique que celui où la transpiration générale a eu lieu. Mais je n'insisterai pas sur cette différence, de peur de forcer les résultats. (Voy. *Mém. sur les Vaiss. absorb., etc.*, cité plus haut.)

recours à la physiologie comparée, et choisir les animaux qu'on soumet à l'expérience, de manière à ce que le résultat soit décisif, et que leur constitution soit telle que l'on puisse en conclure, à plus forte raison, que le phénomène a lieu chez l'homme.

Par exemple, dans le cas actuel, quelle objection peut-on faire valoir pour nier la transsudation dans l'eau entre les limites de 12°,5 et 22°,5, lorsqu'on l'admet à des températures plus élevées? C'est qu'il est notoire que le froid diminue la transsudation, et que l'on peut supposer qu'aux degrés que nous venons d'indiquer, elle est absolument nulle dans l'eau.

Mais si l'on détermine ce qui se passe chez des animaux beaucoup plus sensibles au froid que l'homme et chez qui il entrave toutes les fonctions à un bien plus haut degré; si, dis-je, on reconnaît qu'à une température plus basse de l'eau la transsudation ne laisse pas d'avoir lieu chez eux, pourra-t-on croire qu'elle soit supprimée chez l'homme à une température de l'eau beaucoup plus élevée, lui chez qui cette fonction jouit évidemment d'une grande énergie?

On se rappelle que dans la première partie de cet ouvrage j'ai traité de l'influence de la température sur la transsudation et l'absorption des batraciens dans l'eau. Nous y avons vu que même au degré de froid où l'eau est prête à se glacer, ces deux fonctions ne laissent pas de s'exercer

et d'une manière évidente par des diminutions et des accroissemens alternatifs de poids, suivant que l'une ou l'autre prédomine, différences qui se font apercevoir dans de courts espaces de temps en les pesant d'heure en heure. On sait que le froid à ce degré a une bien plus forte action sur ces animaux, dont il diminue considérablement l'activité, au point qu'à une température un peu plus basse ils seraient engourdis. Puisque la transsudation n'est pas supprimée chez eux malgré l'intensité du froid, cessera-t-elle chez l'homme dans un bain de 12°,5 à 22° au-dessus ?

Nos recherches sur les causes qui influent sur la transsudation et l'absorption dans l'eau et que j'ai exposées dans la première partie de cet ouvrage, nous mettent à même d'expliquer de la manière la plus satisfaisante les résultats précédens de Séguin, d'en prévoir d'autres qu'il a obtenus à de plus hautes températures, et enfin de concilier des faits contradictoires allégués par d'autres physiologistes.

Deux causes influent principalement sur ces deux fonctions : la quantité de liquide contenue dans le corps et la température de l'eau dans lequel il séjourne. Plus il y a de plénitude, moins il y aura d'absorption ; plus la température de l'eau est basse, moins il y aura d'exsudation.

Nous avons trouvé qu'à zéro, lorsque le corps est un peu au-dessous de la saturation, les fluctuations du poids du corps sont telles que dans

une suite de pesées les accroissemens de poids l'emportent décidément sur les diminutions, de sorte que les quantités d'eau absorbée surpassent les pertes par transsudation. Dans la limite extrême de 30° centigr. le contraire a lieu; les pertes l'emportent de beaucoup sur les gains, parce que la transsudation prédomine sur l'absorption.

Il y aura donc des degrés intermédiaires de température où les quantités absorbées et transsudées tendront à se faire équilibre et maintiendront le poids du corps, à quelques légères différences près, comme s'il n'y avait ni l'une ni l'autre action.

C'est le cas des expériences de Séguin à 12°,5 et 22°,5 cent. La transsudation et l'absorption cutanées produisant des effets contraires et à-peu-près dans la même mesure, leur influence sur le poids du corps avait été inappréciable. Mais qu'arriverait-il à de plus hautes températures? On peut le prédire en faisant à l'homme l'application des rapports précédens : l'équilibre entre les deux fonctions sera rompu, l'exsudation prédominera et deviendra très-sensible par la différence du poids du corps; c'est ce que l'on voit par les résultats d'une autre série d'expériences de Séguin. La perte dans un bain à 28° R. ou 35° cent., comparée à celle dans l'air à la même température, fut comme 13 : 24, ce qui dépasse beaucoup la proportion de la transpiration pulmonaire, et provient de l'excès de la transsudation sur l'absorp-

tion dans une eau dont la chaleur est à-peu-près égale à la température de l'homme.

Si les pertes par les poumons étaient très-faibles ou nulles, on reconnaîtrait sans doute sur l'homme, dans les circonstances convenables, un accroissement absolu de poids dans le bain, comme on peut l'observer chez les animaux dont nous avons parlé plus haut. En effet, la perte qu'ils éprouvent par les poumons est en tout temps incomparablement moindre que par la peau. On peut même rendre la première à-peu-près nulle. Il s'ensuit que de très-légères différences entre l'absorption et la transsudation cutanées dans l'eau se feront sentir par une augmentation ou une diminution correspondante du poids du corps. Mais pour qu'il y ait une augmentation du poids de l'homme par le séjour dans un bain, il faut non-seulement que les circonstances soient telles que l'absorption excède la transsudation, mais aussi que l'excès surpasse toute la perte qui se fait par les poumons pendant le temps qu'il demeure dans le bain. Nous avons vu combien elle est considérable, puisque, suivant la moyenne des expériences, Séguin la porte à 7 grains par minute, ce qui équivaut à cinq gros soixante grains par heure. Or, il n'y a pas de raison pour que, dans les circonstances ordinaires, l'absorption cutanée soit assez grande pour remplir ce déficit et celui qui provient de la transsudation, et aller même au-delà pour produire une augmen-

tation du poids du corps. Il n'est donc pas étonnant que, dans trente-cinq expériences faites par Séguin, il n'ait pas eu lieu d'observer un accroissement de poids par le séjour dans le bain; mais il n'a pas raison d'en conclure que cela est impossible, et de nier l'assertion contraire de Haller.

Il ne faut pas s'attendre à un pareil résultat dans les circonstances ordinaires. Il ne suffit pas d'avoir égard à la température de l'eau, il est une autre condition relative au corps de l'homme qui mérite une attention particulière. Nous avons vu ailleurs que la prépondérance de l'absorption sur la transpiration ne dépendait pas uniquement de la température, mais du plus ou moins de plénitude du corps. Plus il s'éloigne de la saturation, plus l'absorption sera grande. Si donc on subissait préalablement une perte considérable par la transpiration par évaporation sans réparer ces pertes, on se mettrait dans les conditions les plus favorables pour augmenter l'absorption. Ajoutons que la transpiration serait diminuée par la même cause. Ce serait le moyen de diminuer considérablement la perte du corps dans l'eau et d'obtenir un accroissement absolu de poids.

CHAPITRE XIII.

Absorption dans l'Air humide.

LORSQUE nous nous sommes occupés de la transpiration dans l'air humide, nous n'avons pas examiné si le corps pouvait absorber de la vapeur aqueuse. Nous pouvions en faire abstraction, puisque dans tous les résultats que nous avons présentés, nous n'avons vû qu'une diminution de poids dans l'air humide; diminution due à la perte par transpiration. Nous en avons tiré parti pour envisager cette fonction dans les rapports simples nécessaires à la clarté.

Après avoir considéré la transpiration dans l'air, nous l'avons comparée avec celle qui a lieu dans l'eau, et nous avons reconnu que si, d'une part, le corps perd de l'eau par la transpiration, d'autre part il en reçoit par absorption; mais l'eau absorbée est à l'état liquide; ce qui nous conduit à examiner s'il a la faculté d'absorber l'eau à l'état de vapeur.

On ne saurait conclure rigoureusement de l'absorption de l'eau à celle de la vapeur aqueuse par des corps aussi imprégnés d'humidité que ceux des animaux, surtout si l'on considère les poumons, que nous trouvons toujours abreuvés de la-

quides, même à la surface en contact avec l'air.

Quoiqu'on puisse regarder la cause qui influe sur l'absorption de la vapeur et sur celle de l'eau par les corps inorganiques comme étant la même, et, par conséquent, leur point de saturation comme le même dans l'un et dans l'autre cas, cependant, si le corps est très-poreux, il recevra dans ses pores, lorsqu'il est plongé dans l'eau, une quantité de liquide qui s'y interposera, en supposant qu'il puisse encore en contenir, et dans le cas contraire, il se ferait un échange de liquide à cause des mouvemens qui existent toujours dans un milieu quelconque.

Les corps hygrométriques, ceux particulièrement qui absorbent de l'humidité sans changer d'état ou sans altérer sensiblement leur texture, attirent sur leur surface et dans leur intérieur la vapeur aqueuse, et la condensent indépendamment de toute action sur l'air dans lequel elle est répandue.

Mais si, dans de certains cas, ils en prennent à l'air, dans d'autres ils lui en cèdent, et les animaux, à cause de la quantité de liquide qu'ils contiennent de toutes parts, semblent plus en état d'en céder que d'en prendre : ceci est particulièrement applicable aux animaux à sang chaud, et par conséquent, à l'homme; parce qu'en supposant l'air ambiant à l'humidité extrême, le corps des mammifères et des oiseaux ayant une température qui est ordinairement beaucoup plus éle-

vée que celle de l'atmosphère, échauffe l'air en contact avec sa surface, et par cela même change l'état hygrométrique de l'air, qui est alors susceptible d'admettre de la vapeur; condition dans laquelle il paraîtrait plutôt que les fluides du corps dussent en fournir.

Ce que je dis ici se borne à la vapeur aqueuse, la nature des autres vapeurs pouvant influer beaucoup sur leur absorption, comme lorsqu'elles ont de l'affinité pour l'eau, etc.

Cependant il est certain que les cheveux au moins sont hygrométriques, même sur notre corps, pendant la vie; une partie de la vapeur qu'ils ont condensée et convertie en eau doit se propager jusqu'au bulbe où l'absorption s'en fera. D'où il résulte que certaines parties de notre corps sont susceptibles d'absorber de la vapeur aqueuse, tandis que d'autres en fourniront.

Mais il reste à savoir jusqu'à quel point cette absorption peut, par sa quantité, influer sur le poids du corps, et si le phénomène de l'absorption de la vapeur aqueuse est restreint à quelques espèces, ou si l'on peut le regarder comme général : car la détermination de la généralité et de la mesure d'un fait ajoute beaucoup à son importance.

La difficulté de reconnaître par le poids du corps l'absorption de l'eau à l'état liquide doit se reproduire, à plus forte raison, lorsqu'il s'agit de l'eau à l'état de vapeur. Il est des faits épars qui, si

l'observation en était exacte, ne laisseraient cependant aucun doute sur l'influence que l'absorption de la vapeur aqueuse peut avoir sur le poids du corps. Ils sont principalement relatifs à l'homme; mais, en général, ils sont vagues, ou dénués des circonstances ou de l'authenticité nécessaires pour amener la conviction.

Pendant long-temps j'aurais pu douter, par ma propre expérience, de l'absorption de la vapeur aqueuse, soit sous le rapport de la généralité du phénomène, soit sous le rapport de son influence sur le poids du corps.

Je fis de nombreuses observations sur des animaux de diverses espèces parmi les vertébrés à sang froid et à sang chaud, séjournant dans de l'air à l'humidité extrême, et je trouvai, en les pesant à différens intervalles, qu'ils diminuaient successivement de poids.

Or, tant qu'il y a diminution successive de poids dans l'air humide, on n'y voit aucune preuve de l'absorption de la vapeur aqueuse; mais, dans la suite, j'eus l'occasion d'observer quelques phénomènes qui me paraissent fournir une preuve suffisante de cette absorption.

Je ne pouvais douter, par la multiplicité des faits, que la transpiration par transsudation ne fût un phénomène constant dans les limites de température, etc., relatives à mes expériences. Or, il m'est arrivé d'observer, sur des grenouilles dans l'air à l'humidité extrême, que, pendant

l'espace d'une heure, elles n'avaient ni augmenté ni diminué de poids; espace de temps pendant lequel j'avais toujours constaté qu'elles faisaient une perte notable par la transsudation.

Au lieu de conclure que la transsudation s'était supprimée, je concevais qu'il y avait eu absorption de vapeur aqueuse équivalente à la perte par transsudation, et l'analogie de ce procédé avec ce que j'avais constaté relativement au jeu de ces deux fonctions dans l'eau devait me déterminer.

Je n'aurais jamais eu d'autres résultats que je serais resté convaincu que ces deux fonctions peuvent avoir lieu dans l'air humide, et que le poids du corps qui y séjourne dépend alors de la différence de leur action.

Mais la différence est grande entre les quantités absorbées dans l'air humide et dans l'eau. Il résulte des expériences comparatives que j'ai faites sur des animaux placés dans les deux milieux, que la quantité absorbée est bien moindre dans l'air à l'humidité extrême que dans l'eau. Dans de l'eau, à tous les degrés de température, depuis 0° jusqu'à 30°, ces animaux étant à-peu-près à leur point de saturation, on observe toujours le jeu des deux fonctions, par des alternatives de diminution et d'augmentation de poids, en les pesant à plusieurs reprises dans l'espace de cinq ou six heures.

Dans l'air à l'humidité extrême, la vapeur

étant même à l'état vésiculaire, qui est celui des brouillards, de la température de 0° à 10°, la plus propre à rendre sensibles les effets de l'absorption, parce qu'elle tend, comme nous l'avons vu précédemment, à faire prédominer cette fonction sur l'exsudation, dans ces circonstances favorables, il ne m'est arrivé d'observer d'autres effets de l'absorption de la vapeur aqueuse par ces animaux, que ce qui suffisait pour contre-balancer la perte par transsudation, et ces cas mêmes ont été rares.

Mais comme ils sont susceptibles d'une double interprétation, quelque convaincu que je fusse de la justesse de celle que j'avais adoptée, il était à désirer que je pusse en observer d'autres absolument exempts d'équivoque. C'est ce qui m'est arrivé.

J'avais placé une couleuvre à collier dans un vase tel que j'en ai décrit, pour contenir de l'air à l'humidité extrême. Je pesai l'animal à différens intervalles, et je trouvai qu'il avait d'abord diminué de poids; mais au lieu de continuer de la sorte, il prit un accroissement d'un gramme, non au-delà de ce qu'il pesait au commencement, mais au-delà du point de diminution où il était parvenu (1).

Voici donc un phénomène semblable à celui que nous avons observé relativement à l'absorption dans l'eau, et qui ne laisse point de doute

---

(1) *Voyez* tab. 57.

sur l'absorption de la vapeur aqueuse, en quantité suffisante pour prédominer dans certains cas sur la perte par transsudation.

J'ai dit que les animaux à sang chaud avaient, sous le rapport que j'ai expliqué dans ce chapitre, un désavantage sur les animaux à sang froid, relativement à l'absorption de la vapeur aqueuse; mais ils peuvent d'ailleurs être organisés de manière à compenser cette différence, et peut-être au-delà.

Quoi qu'il en soit, je crois pouvoir regarder comme une preuve de l'absorption de la vapeur aqueuse par des mammifères le résultat suivant. Je comparai la perte de poids de plusieurs cochons d'Inde dans l'air sec et dans l'air humide: à cause de la nature de l'appareil je ne pouvais évaluer la perte par transpiration qu'en défalquant de la perte totale celle des évacuations alvines et urinaires d'animaux semblables à l'air libres; mais lorsque je comparais le terme moyen de cette perte à la diminution de poids des animaux placés dans l'air à l'humidité extrême, il ne restait rien pour la transpiration; loin de là, le terme moyen des évacuations alvines et urinaires surpassait la diminution de poids dans l'air humide. Il paraissait donc que l'absorption de la vapeur aqueuse avait suppléé à cette différence, et à la perte par transsudation; car ce n'est pas à l'absorption d'une partie de l'air respiré que l'on peut attribuer cet effet.

Faisons d'abord à l'homme l'application de tous ces résultats relatifs aux animaux, et voyons quel appui nous trouverons dans les observations spéciales.

En premier lieu, il n'est pas croyable que l'homme n'ait pas, comme eux, la faculté d'absorber la vapeur aqueuse, et même en quantité suffisante pour qu'on puisse s'en apercevoir par le poids du corps, soit parce qu'il ne diminue pas de poids dans l'air humide, soit parce qu'il augmente sensiblement à cet égard pendant quelque temps.

En second lieu, ces cas doivent, en général, être rares, en comparaison de ceux où l'on n'observe qu'une diminution du poids du corps par la transpiration, quoique l'air soit à l'humidité extrême.

Si maintenant nous examinons les faits que l'on rapporte, tout en faisant la part de ceux qui paraissent douteux, nous trouverons la confirmation de ces conclusions.

On a cité Gorter comme fournissant des faits d'absorption de la vapeur aqueuse; mais je n'ai trouvé dans son ouvrage que des faits relatifs aux vêtemens.

Keill dit, dans un aphorisme : « *quæ in aere sub vaporis specie circumvolitant aquæ particulæ, à cute nostrâ attractæ, cum sanguine commiscentur, et corpus pondere augent.* » Si dans les observations de cet auteur on ne trouvait aucun fait à l'appui de la proposition, nous serions

dans le doute, soit sur le sens qu'il y attache, soit sur les fondemens de cet aphorisme, que l'on pourrait regarder comme une opinion, ou comme une observation ; car l'augmentation du poids du corps dans Sanctorius et Gorter a une acception variable, tantôt exprimant un sentiment de pesanteur, tantôt une diminution de poids moindre que de coutume, ce qui est une augmentation relative. Enfin, un nombre considérable d'aphorismes expriment plutôt des opinions que des faits. On trouve cependant, dans une observation de l'auteur, que pendant une nuit qu'il cite, le corps avait absorbé 18 onces de vapeur. « 27 *decemb.* » *hâc nocte octodecim humoris uncias ex aere* » *ad se somnians attraxit.* »

L'expression est trop formelle pour qu'on puisse s'y méprendre, et le fait trop facile à déterminer pour croire qu'il ait pu s'y tromper. Quelque doute que l'on ait pu avoir, soit sur le sens, soit sur l'authenticité de cette observation de Keill, elle acquiert une grande valeur quand on la rapproche d'une autre de Lining, tellement circonstanciée qu'elle entraîne la conviction.

« Le même jour (3 juillet), entre 2h 45′ et 5h 7′, après midi, mes vêtemens étant les mêmes, et m'abstenant de tout exercice, je bus de 23 à 25 onces de punch ; l'air étant refroidi par des nuages qui couvraient le ciel, la quantité d'urine fut considérablement augmentée, équivalant, dans cet espace de 2h 30′, à ℥ 28 ⅝ ; mais la transpira-

tion fut tellement diminuée, que la quantité de particules humides attirées par ma peau excéda la quantité transpirée dans cet intervalle de 2h 30′, de 8 onces $\frac{3}{4}$. Il y a deux autres cas de cette attraction dans la même table (1). »

La première application que j'ai faite à l'homme des observations sur les animaux est pleinement justifiée par ces faits. La seconde ne l'est pas moins par la remarque suivante : j'ai dit que ces cas devaient être rares, relativement à ceux qui présentent une diminution de poids par la transpiration dans l'air humide : or, on en a la preuve quand on considère le nombre immense d'observations faites par Sanctorius, Keill, Gorter, Robinson, Rye, Lining, etc, et le très-petit nombre de faits semblables à ceux que je viens de citer.

Mais nous pouvons conclure de tout ce que j'ai présenté sur la transpiration et l'absorption dans l'eau et dans l'air humide, que la diminution du

(1) *The same day again, betwixt 2$\frac{3}{4}$ and 5$\frac{1}{8}$ p. m., my cloathing being the same and using no exercice, I drank betwixt ℥ 23 and 25 more of punch, and the air being cooled by the clouds overspreading the heavens, the quantity of urine was greatly increased, amounting in these 2$\frac{1}{2}$ hours to ℥ 28$\frac{5}{8}$; but the perspiration was so much diminished, that the quantity of humid particles attracted by my skin exceeded the quantity perspired in these 2$\frac{1}{2}$ hours, by ℥ 8$\frac{1}{2}$; two more instances of this attraction you have in the same table. (Philos. Transact.,* vol. XLII, 1743, p. 496.)

poids dans l'air humide n'est, dans un grand nombre de cas, que le résultat de la différence entre les pertes par la transpiration et l'accroissement par absorption de la vapeur aqueuse.

CHAPITRE XIV.

De la Température.

§ 1. Du Degré de chaleur que l'homme et les animaux peuvent supporter.

Peu après l'invention du thermomètre, lorsque les observations météorologiques étaient nécessairement peu nombreuses et incomplètes, on ignorait que l'homme et les animaux à sang chaud pussent supporter une température supérieure à celle de leur corps. Boerhaave, en méditant sur l'usage de l'air dans la respiration, avait adopté l'opinion que l'abord de ce fluide servait à rafraîchir les poumons, dans lesquels le sang subissait une fermentation qui produisait une chaleur considérable, et que la vie devait s'éteindre si l'air avait une température supérieure à celle du corps des animaux.

Quelques expériences entreprises à son invitation par Fareinheit et Prévoost, semblèrent confirmer son opinion. Elle fut généralement adoptée jusqu'à ce que des observations de Lining à Charlestown, en 1748, d'Adanson, pendant son voyage au Sénégal, de Heury Ellis, en 1758, alors gouverneur de la Géorgie, constatèrent que la chaleur, dans ces divers climats, s'était élevée à

des degrés supérieurs à celle de l'homme, degrés qui n'avaient été nuisibles qu'à un petit nombre d'individus. Mais le fait le plus remarquable qu'on ait publié à ce sujet, est celui que nous devons à l'observation de Tillet et Duhamel, en supposant qu'il n'y ait aucune objection à faire à la mesure de la température.

Pendant leur séjour à la Rochefoucault en Angoumois, en 1760, une fille de boulanger entra en leur présence dans un four dont ils évaluèrent la température au moins à 112° R, ce qui équivaut à 103° D. (1), 128°,75 cent. Elle passa environ 12 minutes dans cette chaleur excessive sans en être fortement incommodée. Cette expérience fut répétée plusieurs fois après leur départ, sur une autre fille, avec le même succès (2).

Il importait qu'on fît de nouvelles recherches, et qu'on multipliât les observations sous divers rapports. C'est ce qu'entreprit le docteur Fordyce, avec Banks, Blagden et Solander, et quelques autres physiciens, en 1775. Une réunion d'hommes aussi distingués par leur savoir et leur sagacité, observant sur eux-mêmes

---

(1) L'espace compris entre la glace et l'eau bouillante est divisé en 87 parties dans le thermomètre de Réaumur. Le même espace est divisé en 80 parties seulement dans le thermomètre corrigé par Deluc.

(2) *Mém. de l'Acad. des Scienc.*, 1764, pag. 185.

les effets d'une chaleur excessive, devait obtenir des résultats très-intéressans (1). Ces expériences furent, pour la plupart, répétées par M. Dobson, à Liverpool (2). Ce sujet n'était pas de nature à être épuisé; MM. Delaroche et Berger s'en occupèrent en 1806, et remplirent plusieurs lacunes (3).

J'ai cité ces auteurs dans un ordre chronologique, afin que l'on puisse reconnaître la priorité de leurs travaux, me proposant de n'avoir égard dans l'exposition des faits qu'à leur liaison naturelle.

Les expériences de MM. Delaroche et Berger ont rapport non-seulement à l'homme, mais aussi aux animaux; et comme elles sont plus nombreuses et plus variées, nous commencerons par quelques-uns de leurs résultats.

1°. *Dans l'air sec.* Voulant déterminer les effets d'un air sec dont la chaleur était peu supérieure à celle des animaux à sang chaud, ils l'élevèrent au moyen d'un poële de fonte dans un petit cabinet, à une température qui varia entre 42°,5 et 45° cent. Ils y exposèrent diverses espèces de vertébrés, un chat, un lapin, un pigeon, un bruant et une grosse grenouille : la plupart restèrent d'abord immobiles; mais après environ une demi-heure, ils éprouvèrent de l'agitation; leur

(1) *Transact. Philos.*, ann. 1776, pag. 111 et 484.

(2) *Idem*, ann. 1775, pag. 463.

(3) *Exp. sur les effets qu'une forte chaleur produit sur l'économie, etc.* Paris, 1806.

respiration s'accéléra progressivement pendant environ trois quarts d'heure, jusqu'à devenir haletante. Il y eut ensuite une rémission des symptômes chez presque tous. Leur séjour fut d'une heure et demie; mais aucun ne sortit dans son état naturel : une demi-heure ou une heure après ils parurent parfaitement remis.

Il paraîtrait, d'après ces expériences, que les animaux vertébrés exposés à un air sec et chaud de 45° cent., seraient près de la limite de température où ils ne sauraient vivre long-temps. En effet, les mêmes individus des deux séries, après être sensiblement revenus des effets de la chaleur précédente, furent introduits dans l'étuve, dont l'air, d'abord à 56°,25 cent., s'éleva vers la fin à 65° c. Tous, à l'exception de la grenouille, périrent dans des temps variables, depuis 24 min. à 1 h. 55'.

Trois autres séries d'expériences sur des reptiles, des mammifères et des oiseaux dans des limites de température à-peu-près semblables, eurent les mêmes effets.

Je ne connais pas d'exemple que l'homme ait supporté plus long-temps une aussi forte chaleur. Cependant il en est qui ont été exposés à une plus haute température de l'air, pendant un court espace de temps. Un jeune homme, dans les expériences de Dobson, séjourna pendant 20', sans grande incommodité, dans une étuve dont l'air était à 98°,88 cent. (210 F.); mais son pouls, qui

ordinairement donnait 75 pulsations par minute, battait 164 fois dans cet air chaud; ce qui est d'une vitesse extrême. Remarquons que la chaleur de l'air était très-près de la température de l'eau bouillante.

Mais ce n'est pas encore la limite extrême. M. Berger supporta pendant 7′ une chaleur de l'air de 109°,48 c., et Blagden une température de 115°,55 à 127°,67 c. (240° à 260° F.) pendant 8′. Nous voilà revenus au degré de chaleur dans les expériences de Tillet et Duhamel; ce qui ne prouve pas positivement que leur évaluation fût correcte, mais que ce degré de chaleur peut être supporté pendant l'espace de temps qu'ils ont indiqué.

2°. *Dans la vapeur aqueuse.* Des corps de nature différente, mais dont la température est la même, ne communiquent pas au contact la même quantité de chaleur dans un temps donné. Cette différence ne dépend pas d'une cause unique, mais probablement d'une réunion de plusieurs, telles que la capacité pour le calorique la mobilité relative des molécules, etc. Quoi qu'il en soit, nous appellerons pouvoir échauffant celui de communiquer de la chaleur au contact : ce n'est que depuis peu qu'on a comparé les milieux sous ce rapport. On n'en a étudié qu'un petit nombre : ce sont des gaz. Nous devons ces recherches à MM. Petit et Dulong. Il ne les ont pas étendues à la vapeur aqueuse, de sorte que nous

ignorons non-seulement la mesure de la différence dans le pouvoir échauffant de la vapeur aqueuse comparée à l'air sec, mais encore de quel côté est la supériorité. Cependant, si l'on distingue les deux états que l'on a reconnus à la vapeur aqueuse, la vapeur vésiculaire et la transparente, il ne peut guère y avoir de doute que la première n'ait un plus grand pouvoir échauffant que l'air sec. En effet, on considère la vésicule de vapeur comme formée d'une enveloppe d'eau à l'état liquide contenant de l'air saturé de vapeur transparente : or, en vertu de l'enveloppe composée d'eau liquide, la vésicule aura un plus grand pouvoir échauffant que l'air sec, à moins que cet excès ne soit compensé par un déficit dans le pouvoir échauffant de la vapeur transparente contenue dans l'enveloppe; mais je ne crois pas que l'on soit porté à faire cette supposition.

Nous admettrons donc que le pouvoir échauffant de la vapeur vésiculaire est plus grand que celui de l'air sec; d'où nous inférerons, en ne considérant que cette seule condition, que l'homme et les animaux ne pourraient supporter une aussi forte chaleur dans l'air chargé de vapeur vésiculaire que dans l'air sec; ce qui est conforme à l'expérience.

M. Delaroche ne put supporter plus de dix minutes et demie un bain de vapeur qui d'abord à 37°,5 cent., s'éleva dans l'espace de 8' à 51°, 25 c. et baissa ensuite d'un degré.

M. Berger fut obligé de sortir au bout de 12′ et demie d'un bain de vapeur dont la température s'était élevée de 41°,25 à 53°,75. Il était faible, vacillait sur ses jambes, et avait des vertiges. La faiblesse et la soif durèrent le reste de la journée.

Cependant MM. Delaroche et Berger supportèrent beaucoup plus long-temps, et sans incommodité notable, des températures égales et même supérieures dans l'air sec.

La sensation particulière qui résultait de l'impression de la chaleur était beaucoup plus vive dans le bain de vapeur : c'était un sentiment de brûlure. Je cite ces expériences parce qu'elles sont comparatives; mais non comme l'extrême de chaleur que l'homme est capable de supporter dans le bain de vapeur durant cet espace de temps. Joseph Acerbi rapporte, dans son *Voyage au cap Nord*, que les paysans finlandais peuvent rester pendant une demi-heure et plus dans un bain de vapeur dont la température s'élève à 70° ou 75° c.

3°. *Dans l'eau liquide.* Je n'ai pas besoin de dire que le pouvoir échauffant de l'eau est plus grand que celui de la vapeur aqueuse, quoiqu'on ne se soit pas occupé à en déterminer le rapport; et il n'est pas nécessaire de faire des expériences bien précises pour être convaincu qu'un bain d'eau chaude, à la même température élevée qu'un bain de vapeur, agirait bien plus fortement sur l'économie animale.

J'ai eu occasion d'observer sur des reptiles la grande différence dans l'action de l'eau liquide et de la vapeur à la même température. Je n'ai jamais vu de batraciens qui aient pu vivre plus de 2 minutes dans de l'eau à 40° cent., quoique j'aie eu la précaution de tenir une partie de la tête hors de l'eau, pour laisser subsister la respiration pulmonaire; tandis que des individus de même espèce, des grenouilles, ont supporté la chaleur de l'air chargé de vapeur au même degré de température pendant cinq heures et au-delà.

Lemonnier étant à Barèges, se plongea dans la source la plus chaude, qui était à 45° c. Il ne put y rester que 8'. Une agitation violente et des étourdissemens le forcèrent d'en sortir (1).

Dans la comparaison de l'intensité d'action sur l'économie animale de différens milieux, l'air sec, la vapeur aqueuse et l'eau liquide, élevés à une haute température, nous n'avons rapporté la mesure des effets qu'à la différence de leur pouvoir échauffant. Nous ne prétendons cependant pas exclure dautres causes. Nous nous proposons, au contraire, de les examiner à mesure que d'autres faits nous en fourniront l'occasion. En exposant les résultats des expériences, nous avons énuméré quelques-uns des effets produits par une chaleur excessive, tels que l'accélération du pouls et de la respiration, quelques symptômes nerveux et l

(1) *Mém. de l'Acad. des Scienc.*, 1747, pag. 259.

sensation plus ou moins vive de chaleur ; mais il en est dont je n'ai pas fait mention, et qui méritent d'être traités à part, l'état de la température du corps et de la transpiration.

§ II. *De l'Influence d'une chaleur excessive sur la température du corps.*

De l'homme. Les premières observations sur la stabilité de la température du corps, malgré les vicissitudes des saisons et la différence des climats, firent connaître un phénomène bien remarquable. Elles ne se rapportaient d'abord qu'aux variations ordinaires de température renfermées dans des limites au-dessous de la chaleur du corps humain; mais Francklin observa, je crois, le premier un fait qui parut plus étonnant. Dans un jour d'été, la température de l'air étant de 37°,77 c. (100° de F.), il remarqua que sa température propre était seulement de 35°,55 cent. (96° F.) Or, ce fait est particulièrement digne d'attention sous deux rapports : en premier lieu, il prouve que les animaux à sang chaud ont la faculté de se maintenir à un degré inférieur à celui de l'air, lorsque la chaleur extérieure dépasse la chaleur propre de l'économie, c'est-à-dire, sa température ordinaire; en second lieu, la température de Francklin observée dans cette chaleur excessive, n'étant que de 35°,55, est au-dessous de la température moyenne des hommes; ce qui ne laisse

pas présumer qu'elle ait été élevée par la chaleur ambiante.

Reste donc à savoir si une chaleur plus forte est capable d'élever la température du corps de l'homme et des animaux à sang chaud, et à quelle limite elle peut parvenir.

Le docteur Fordyce et les savans qui ont concouru à ses expériences sur les effets d'une chaleur excessive de l'air, ont observé que leur température propre pouvait s'élever en pareil cas de deux ou trois degrés de Fareinheit, ce qui équivaut à-peu-près à un degré et un degré et demi du thermomètre centigrade.

Les plus fortes élévations de la température propre de l'homme, sous l'influence d'une haute chaleur extérieure, ont été observées par Delaroche et Berger sur eux-mêmes. La température du premier étant de 36°,56 cent., augmenta de 5° par un séjour de 8′ dans une étuve dont l'air était à 80°. Berger, dont la température était semblable, eut un accroissement de chaleur de 4°,25 cent., après un séjour de 16 minutes dans la même étuve, à 87°,5; mais on pouvait objecter à l'évaluation de ces températures du corps qu'elles étaient prises à la bouche dans un air beaucoup plus chaud; ce qui pouvait contribuer à l'élévation des degrés du thermomètre, ou n'être que le résultat d'une chaleur locale.

Pour avoir une détermination exempte de reproches, MM. Berger et Delaroche se placèrent

successivement dans une boîte à travers laquelle ils pouvaient passer la tête, et par le moyen de linges entourant cette ouverture et le col, ils interceptaient le passage de la vapeur. La température de la bouche devait donc être le résultat de l'élévation de température des autres parties du corps. Après un séjour de 17' dans ce bain de vapeur de 37°,5 à 48°,75 cent., la température de la bouche de M. Delaroche augmenta de 3°,12 c. Dans le même appareil, la vapeur étant de 40° à 41°,25, la température de M. Berger s'accrut de 1°,87 dans 15'.

Il est évident qu'on ne saurait pousser assez loin les expériences sur l'homme pour savoir quel est le plus haut degré que sa température puisse atteindre sous l'influence d'une chaleur excessive de l'air. Pour en juger par approximation, il faut avoir recours aux animaux à sang chaud des deux classes : c'est ce qu'ont fait MM. Delaroche et Berger.

2°. *Des Animaux à sang chaud.* Dans l'étuve dont j'ai déjà parlé, ils exposèrent diverses espèces de mammifères et d'oiseaux à des degrés différens d'un air sec et chaud; le plus bas de 50° c., et le plus élevé de 93°,75 cent. Ils les y laissèrent jusqu'à la mort. Tous les individus, malgré la diversité des espèces et des classes, et des degrés de chaleur auxquels ils furent exposés, acquirent un accroissement de température à-peu-près égal à cette époque. Les limites de variations étant

de 6°,25 à 7°,18 cent. n'offraient parconséquent que 0°,93 de degré pour la plus grande différence. La détermination de la température du corps ayant été faite par un thermomètre profondément introduit dans l'anus, elle est à l'abri des objections que nous avons exposées plus haut.

Lorsque l'on considère l'uniformité des résultats fournis par des individus d'espèces différentes, parmi les mammifères et les oiseaux, on peut en inférer que l'homme et les animaux à sang chaud, sous l'influence d'une chaleur excessive d'un air sec, ne sauraient éprouver, pendant la vie, une élévation de leur température propre au-delà de 7° ou 8° cent.

3°. *Des Vertébrés à sang froid.* L'expression des résultats précédens n'est pas applicable aux vertébrés à sang froid. Ils n'ont pas de température propre, à cause de la grande étendue dans laquelle leur température varie. On sait qu'elle diffère peu de celle de l'air dans les diverses saisons de l'année, et que cette différence n'est guère que d'un ou deux degrés centigrades. Il était naturel de supposer que, si une chaleur modérée dans les vicissitudes ordinaires des saisons élevait celle des vertébrés à sang froid à-peu-près au même niveau, cette correspondance aurait lieu, à plus forte raison, dans des températures plus hautes. Blagden paraît être le premier qui reconnut que des vertébrés à sang froid avaient en eux la faculté de maintenir leur température au-dessous d'une

certaine élévation de la chaleur extérieure. Pendant un jour d'été, ayant plongé un thermomètre dans la bouche d'une grenouille, il le vit descendre de plusieurs degrés. Cependant leur température est susceptible de s'élever au-delà des plus fortes chaleurs de l'été. Dans les expériences de MM. Delaroche et Berger, la plus haute température que des individus de cette espèce, placés dans l'étuve, aient pu atteindre à l'époque de leur mort, était 40°,93 cent.; ce qui est entre les limites des températures propres aux animaux à sang chaud.

§ II. *Comparaison des pertes par transpiration dans l'air sec, l'air humide et l'eau à des températures supérieures à celle du corps.*

Si l'on se fondait uniquement sur le résultat d'expériences faites à des degrés inférieurs à la température propre des animaux à sang chaud, on tiendrait pour certain que les pertes par la transpiration doivent être plus grandes dans l'air sec que dans l'air humide, portés au même degré de température excessive. On ne voit pas d'abord pourquoi il n'en serait pas ainsi : c'était même l'opinion de Blagden, qui, dans les expériences entreprises par le docteur Fordyce, ayant éprouvé les effets d'une chaleur excessive de l'air sec et de l'air humide, pouvait se fonder sur l'observation. Il ne se servait pas de la balance; de sorte que Delaroche et Berger, qui eurent recours à ce

moyen, obtinrent des résultats décisifs. La différence était considérable; mais la plus grande intensité d'action n'appartenait pas à l'air sec. L'air excessivement chaud, porté à l'humidité extrême, excitait une transpiration plus abondante, même à des degrés inférieurs à la température de l'air sec. Les expériences comparatives furent faites dans l'étuve et le bain de vapeur dont j'ai déjà parlé.

Il ne s'agit ici que de la vapeur à l'état vésiculaire, qui est celui des bains de vapeur. Ce que j'ai exposé sur la transpiration peut faire concevoir la cause de cette différence. Je n'ai pas besoin d'insister ici sur celle que j'ai établie dans les modes de transpiration. Il suffit de rappeler la distinction de la transpiration par évaporation et la transpiration par transsudation.

Dans les variations de température au-dessous de 20° cent., et dans les circonstances ordinaires de santé, etc., la transsudation ne fait qu'une petite partie de la transpiration générale; mais elle croît rapidement par l'effet de la chaleur dans des températures supérieures. A un degré de chaleur excessive la transsudation s'accroît à tel point, qu'elle couvre toute la surface de la peau: alors plus de transpiration par évaporation, à cette surface : il n'y a qu'une évaporation de l'eau déjà éliminée de l'économie. Dans cet état de choses, la transpiration à la peau se fait uniquement par transsudation, soit dans l'air sec, soit dans l'air chargé

d'humidité. Toutes choses égales d'ailleurs, à ne considérer que la peau, celui des deux airs qui aura un pouvoir échauffant plus grand déterminera une plus forte transsudation. Or, comme nous l'avons fait voir précédemment, la vapeur vésiculaire, qui est celle des bains de vapeur, a un plus grand pouvoir échauffant que l'air sec; d'où nous concluons que la perte qui se fait par la peau sera plus grande dans le bain de vapeur que dans l'air sec. Reste la comparaison de la perte par les poumons : ici la prédominance n'a pas lieu dans le bain de vapeur. La perte, sous le rapport de l'eau, y est nulle, parce qu'elle ne saurait s'évaporer dans l'air à l'humidité extrême et à une chaleur supérieure à celle du corps; mais dans de l'air sec et à la même température, l'évaporation peut être grande par cet organe. Cependant on reconnaît par le résultat général des pertes de la transpiration dans l'air et dans le bain de vapeur, que l'excès de transsudation dans l'air chargé de vapeur vésiculaire l'emporte sur l'évaporation par les poumons dans l'air sec.

L'on concevra plus facilement la prédominance des pertes causées par la transsudation, si l'on fait entrer dans les considérations précédentes un autre élément qui influe beaucoup sur la chaleur du corps dans l'air sec et dans l'air humide. Je veux parler de l'évaporation qui n'a lieu que dans l'air sec. On sait que c'est un moyen puissant de

refroidissement, d'où il doit résulter à cette haute température une diminution considérable de la transsudation dans l'air sec. Nous examinerons ailleurs, en détail, l'influence de cette cause sur le refroidissement du corps, dans l'air sec, à de hautes températures.

Il est facile de prévoir les effets d'un bain de liquide à des degrés de chaleur excessive, comparés à ceux de l'air sec et de l'air humide. Nous avons vu que les pertes par transpiration dans le bain de vapeur, à cette température, sont supérieures à celles qui ont lieu dans l'air sec. Par la même raison, elles seront plus grandes encore dans de l'eau au même degré ; car à cette haute température, ce qui augmente la transsudation fera prédominer les pertes. Or, le pouvoir échauffant de l'eau étant plus grand que celui de la vapeur vésiculaire et plus considérable encore que celui de l'air, la diminution de poids doit être plus grande dans l'eau. Cette déduction est confirmée par le fait. Lemonnier, après un séjour de 8′ dans un bain d'eau à 45° cent., perdit 20 onces ; ce qui est au moins le double de ce que Delaroche et Berger ont perdu, à une chaleur semblable, dans un bain de vapeur, et à une température de 90° cent. et au-delà, dans l'air sec.

§ IV. *De l'Influence de l'évaporation sur la température du corps exposé à une chaleur excessive.*

Franklin ayant fait des expériences sur le refroidissement produit par l'évaporation des liquides, rapporta à cette cause la faculté qu'il attribuait aux animaux, d'après le fait qu'il avait observé sur lui-même, de maintenir la température de leur corps au-dessous d'une chaleur excessive de l'air. Quelques expériences de Fordyce tendent à confirmer cette opinion, quoiqu'il n'ait pas été d'avis que ce fût la seule cause. Celles de MM. Delaroche et Berger donnent une plus juste idée de l'influence de l'évaporation sur la température du corps exposé à une forte chaleur.

Un vase poreux susceptible d'évaporation par toute sa surface, de ceux que les Espagnols appellent *alcarazaz*, fut introduit dans une étuve avec deux éponges mouillées et une grenouille. On avait préalablement élevé la température du vase et des éponges au niveau de celle des animaux à sang chaud, de 38°,12 à 40°,93. La température de l'étuve varia entre 52°,5 et 61°,25. Au bout d'un quart d'heure, le vase, les deux éponges et l'animal eurent une température presque uniforme, ne dépassant pas la limite de la chaleur propre aux animaux à sang chaud, et se maintinrent ainsi à-peu-près au même terme pendant l'es-

pace de deux heures. Ce terme est remarquable : pour y arriver, le vase et les éponges, au lieu de s'échauffer, se refroidirent environ d'un degré ; au contraire, la température de la grenouille, qui d'abord était de 21°,25 cent., s'éleva à 37°,18 dans l'espace de 15', et demeura stationnaire pendant le reste du temps, se maintenant, ainsi que l'alcarazaz et les éponges, de 15° à 21°,5 au-dessous de la chaleur ambiante.

On observe une plus grande différence à mesure que la température extérieure est plus élevée; mais, en même temps, le terme où celle des corps évaporans, soit animés, soit inanimés, devient à-peu-près stationnaire, est un peu plus élevé, avec cet accroissement de chaleur de l'air.

Si l'on suppose que tant qu'un animal respire, surtout un animal à sang chaud, il conserve la faculté de produire quelque chaleur, on en déduira une différence entre sa température et celle d'un corps inanimé à surface évaporante, exposé à une chaleur excessive, quoique leur point de départ soit le même. Ainsi un alcarazaz et un animal à sang chaud, tel qu'un lapin, tous deux à la même température, exposés à une chaleur de l'air de 62°,5 à 87°5 c., jusqu'à la mort de l'animal, n'auront pas la même température finale, parce que, en admettant l'égalité d'évaporation de part et d'autre, la chaleur que l'animal continue à produire ajoutera à sa température et la rendra supérieure à celle du vase.

Cette déduction est justifiée par des résultats d'expériences faites par MM. Delaroche et Berger. L'évaporation chez le lapin, à en juger par la diminution de poids, était toute aussi grande que pour l'alcarazas : cependant la température finale du lapin était supérieure au moins de 2°,5 C.

Ainsi la même cause générale, l'évaporation, suffirait seule pour maintenir la température des animaux et des corps bruts au-dessous de la chaleur extérieure de l'air, lorsqu'elle est excessive; c'est-à-dire, lorsqu'elle dépasse la température propre des animaux à sang chaud; mais, au-dessous de cette limite, on aurait tort d'attribuer à cette cause, suivant l'opinion générale, le pouvoir de maintenir l'uniformité, réelle ou supposée, de la température propre de l'homme et des animaux à sang chaud, dans les vicissitudes des saisons et la diversité des climats : c'est ce que nous verrons ailleurs.

§ V. *Du refroidissement dans différens milieux; à des températures inférieures à celle du corps.*

Nous avons reconnu que, lorsqu'il s'agit des effets d'une chaleur excessive sur l'économie animale, ils augmentent progressivement avec l'ordre suivant des milieux, quoique leur température soit la même : air sec, air saturé de vapeur transparente, vapeur vésiculaire, eau liquide. On serait naturellement porté à croire que les refroi-

dissemens respectifs dans les mêmes milieux, à température égale et inférieure à celle du corps, suivent le même ordre; mais nous ne saurions admettre cette conclusion sans examen. Comparons, par exemple, l'air sec et la vapeur vésiculaire, à une température supérieure à celle du corps, sous le double rapport du pouvoir échauffant et de l'évaporation. L'air sec communique moins de chaleur en vertu du premier, et en enlève davantage en raison du second. La vapeur vésiculaire, sous le premier rapport, communique plus de chaleur; quant au second, il n'en enlève pas, l'évaporation étant nulle.

Ainsi les deux agens extérieurs qui influent sur la chaleur du corps se réunissent, dans l'un et l'autre cas, pour agir dans le même sens, pour augmenter l'accumulation de la chaleur du corps dans la vapeur, et la diminuer dans l'air sec.

Comparons maintenant les sources du refroidissement dans les mêmes milieux à des températures inférieures à celle du corps. Dans l'air sec, il y a moins de chaleur enlevée au contact; ce qui équivaut à dire que le pouvoir refroidissant de ce milieu est moindre; par ce moyen, la chaleur tendra à s'accumuler dans le corps; mais, d'autre part, l'évaporation étant plus grande, il y aura, à cet égard, un plus grand refroidissement que dans la vapeur. L'inverse aura lieu, sous les deux rapports, dans la vapeur vésiculaire. Ainsi l'on voit que, de part et d'autre, les deux

agens qui influent sur la chaleur du corps seront opposés dans leur action lorsqu'il s'agit de températures inférieures; mais nous ne saurions comparer la résultante de ces deux actions opposées, dans l'ignorance où nous sommes de la mesure de chacune d'elles. Il se pourrait, par exemple, que dans l'air sec la chaleur enlevée par évaporation fût plus grande que celle soustraite au contact par la vapeur vésiculaire; il se pourrait de même que l'inverse fût vrai. Nous ne saurions donc dire d'avance de quel côté le refroidissement sera plus grand.

Ce que nous venons de dire du refroidissement dans la vapeur vésiculaire, comparé aux effets de l'air sec, est également appliquable à l'eau; et notre incertitude serait plus grande encore relativement à l'air saturé de vapeur transparente; car les physiciens ignorent absolument l'intensité relative de son pouvoir refroidissant, et même s'il est plus grand ou plus faible que celui de l'air. Il est à espérer qu'ils ne tarderont pas à la déterminer; connaissance qui ne doit pas être inutile en physique, et qui, certes, n'est pas indifférente à la physiologie.

Ce n'en est pas moins une opinion généralement établie que l'on éprouve un plus grand refroidissement dans l'air humide que dans l'air sec. Il est évident qu'elle est fondée sur la sensation et sur d'autres effets qui paraissent en résulter sur l'économie animale. Si l'observation en était exacte,

elle ferait présumer que le refroidissement causé par une plus grande évaporation dans l'air sec est plus que balancé par celui qui résulte du contact de la vapeur transparente.

Quoi qu'il en soit, nous n'insisterons pas davantage sur les opinions fondées sur les sensations; méthode très-équivoque. C'est pourquoi je me suis proposé d'en trouver une autre plus à l'abri de reproches. Les observations que j'avais faites sur les phénomènes de chaleur chez les jeunes animaux à sang chaud m'ont paru en devoir fournir les moyens.

Nous avons précédemment établi qu'un grand nombre d'entr'eux n'ont pas la faculté, à leur naissance et à des époques qui en sont rapprochées, de soutenir leur température lorsqu'on les retire de leur nid et qu'on les expose séparément à l'air. Ils subissent alors un refroidissement plus ou moins grand, suivant leur âge. J'ai cherché à tirer parti de cette manière d'être pour comparer leur refroidissement dans l'air sec et dans l'air humide. J'ai employé de grands vases de forme et de dimensions semblables à ceux qui m'avaient servi pour étudier les phénomènes de la transpiration. J'ai préféré des animaux d'un très-petit volume, pour que la proportion d'air fût plus grande, voulant éviter l'influence que l'altération de ce fluide par la respiration pourrait exercer sur la température des animaux. D'ailleurs, les vases, formés de grands carreaux de verres ajustés

par leurs bords, permettaient le renouvellement de l'air par les jointures, mais assez lentement pour que l'on pût y opérer les changemens nécessaires dans l'état hygrométrique. Il ne fallait pas que les animaux fussent trop jeunes; la vitesse de leur refroidissement pouvait être trop grande pour les comparer. Il fallait aussi ne pas établir de comparaison entre deux individus placés dans les deux conditions différentes, parce que l'on aurait pu attribuer la différence des résultats, non à celle des circonstances extérieures, mais à celle des individus. Je plaçai donc le même individu successivement dans les deux conditions de sécheresse et d'humidité extrêmes; mais à des intervalles suffisans pour que le refroidissement qu'il avait subi n'influât pas sur celui qu'il éprouvait ensuite; influence qui serait très-sensible si le refroidissement précédent était trop grand, trop prolongé ou trop rapproché. J'ai fait voir ailleurs que le froid, au-delà de certaines limites, nuit à la production de chaleur, lors même que le corps, par un changement dans les circonstances extérieures, a repris sa température habituelle. Je n'ai donc pas multiplié les refroidissemens sur les mêmes individus; mais je me suis servi de plusieurs d'âge différent, dont chacun était alternativement placé dans les deux conditions différentes. Il serait fastidieux d'exposer toutes les précautions que j'ai prises pour rendre les résultats comparables : j'en indiquerai seulement

une qu'il faut remarquer : c'est que, si les deux expériences comparatives sur le même individu étaient faites seulement à un jour d'intervalle, cet espace de temps suffirait pour accroître sensiblement la production de chaleur, dont les progrès sont très-rapides après les premiers jours, à dater de leur naissance. C'est pourquoi je n'ai différé que de quelques heures.

J'ai fait ainsi dix expériences dans l'air sec, et autant dans l'air humide, sur de jeunes moineaux. J'ai exposé dans un tableau (1) tous les détails des conditions physiques ainsi que les résultats numériques. On y voit qu'en prenant la somme des refroidissemens de part et d'autre, et divisant par le nombre d'animaux, pour avoir le terme moyen du refroidissement, on a 6°,5 centig. pour l'air sec, et 6°,7 centig. pour l'air humide. Bornons-nous d'abord à ce résultat général : la différence est trop légère, dans ce genre d'expériences, pour qu'on puisse la regarder comme une suite nécessaire de l'action des milieux. En négligeant cette petite différence nous admettrons, comme résultat général de ces expériences, que le refroidissement a été le même dans l'air sec et dans l'air humide; d'où il suit que le froid produit par la plus grande évaporation dans l'air sec a pu être balancé par le froid résultant du contact de l'air humide.

---

(1) *Voyez* tab. 60.

En adoptant ces deux causes de refroidissement, on en conclurait qu'elles pourraient ne pas se balancer toujours de manière à produire un refroidissement égal. En effet, au lieu de faire la comparaison des termes moyens des expériences ci-dessus, en les regardant chacun comme un résultat unique, si nous examinons les expériences particulières dont il est composé, nous verrons que, dans quelques-unes, le refroidissement a été exactement le même de part et d'autre; quant au reste, il a été, pour les unes, plus grand dans l'air humide, et pour les autres, plus grand dans l'air sec. Notons que l'air humide était à son maximum dans presque tous les cas, et qu'il en différait très-peu dans les autres, comme on peut le voir dans le tableau; que le degré de sécheresse de l'air sec a varié dans les diverses expériences, et que c'est précisément dans celle dont les limites étaient de 55 à 44 de l'hygromètre de Saussure, que la supériorité du refroidissement était décidément du côté de l'air sec.

§ VI. *Du Refroidissement dans l'air calme et dans l'air agité.*

Dans l'air calme, à une température inférieure à celle de notre corps, nous perdons de la chaleur de trois manières différentes : par évaporation, par le contact de l'air et par le rayonnement.

La perte par le rayonnement aurait lieu également dans le vide, et ne paraît pas influencée par la nature des gaz. Maintenant, que l'air vienne à s'agiter, le rayonnement n'en sera pas affecté; mais le renouvellement de l'air augmente considérablement la quantité de chaleur enlevée au contact, et dans une raison qui paraît proportionnelle à la vitesse du courant. A la plus grande perte de chaleur par cette action du vent, il faut ajouter le refroidissement que produit une plus grande évaporation, laquelle augmente aussi avec la vitesse du vent. C'est à ces deux causes réunies que nous devons attribuer le sentiment si vif de fraîcheur ou de froid que nous éprouvons lorsqu'il ne survient d'autre changement de l'état de l'atmosphère que dans la vitesse de son mouvement. On concevra facilement qu'un refroidissement causé par cette seule modification de l'air pourra égaler l'effet qui résulterait du seul abaissement de la température; mais on ne se doute pas, en général, de l'étendue dans laquelle cette compensation peut avoir lieu.

Dans le célèbre voyage de découvertes aux régions arctiques, sous la conduite du capitaine Parry, on eut fréquemment occasion de remarquer que les indications du thermomètre ne s'accordaient nullement avec les sensations des voyageurs, lorsqu'ils ne jugeaient des causes physiques du refroidissement que par les degrés de la température.

Ils supportaient très-facilement une température de 17°,77 C. au-dessous de la glace fondante (0° du thermomètre de Farenheit) quand ils se promenaient à l'air libre par un temps calme. Il n'en était pas de même si l'air était agité : cependant la température s'élevait toujours avec le vent, quelle que fût sa direction. Ils souffrirent plus du froid dans une brise lorsque la température n'était qu'à 6°,66 C. au-dessous de 0° (+20° F.), qu'à 17°,77 C. dans l'échelle descendante (0° F.) lorsque l'air était en repos. La seule différence du mouvement de l'air équivalait au moins à une différence de température de 11° C. De pareilles observations, souvent répétées, durant le cours de ce voyage, ne laissent aucun doute sur leur exactitude. Le chirurgien en second de l'expédition, Alexandre Fisher, qui rapporte les faits précédens, nous fournit un exemple plus remarquable du froid causé par le vent : il nous apprend que la température étant de 46°, 11 C. au-dessous de 0° (—51° F.) par un temps calme, ils n'étaient pas plus incommodés par le froid que lorsque l'air était à — 17°,77 C. (0° F.) pendant une brise. Le vent produisait une sensation de froid qui équivalait à l'effet d'un refroidissement de l'air de 29° centigrades.

CHAPITRE XV.

De l'Influence de la lumière sur le développement du corps.

La lumière qui nous éclaire et nous échauffe a-t-elle quelqu'autre effet sur l'économie animale? Il est hors de doute qu'elle en produit sur les corps inorganiques et sur les végétaux. Les rayons solaires, à température égale, produisent dans le règne minéral des combinaisons que ne saurait effectuer une chaleur obscure; les plantes, sans l'influence de la lumière, ne formeraient guère de matière verte, substance si généralement répandue qu'elle paraît une des productions les plus essentielles à cette classe d'êtres. Lorsqu'on considère que, sans la lumière, abstraction faite de sa chaleur, il existerait à peine quelque trace du règne végétal, sera-t-elle sans influence sur la vie des êtres animés? Mais lorsqu'on jette les yeux sur l'homme et les diverses classes d'animaux, on ne reconnaît guère d'autres rapports sensibles avec la lumière que ceux de la vision, qui leur donne la perception des couleurs, des formes et des distances.

La coloration en brun, plus ou moins légère, qu'on observe assez généralement sur les personnes qui s'exposent beaucoup au soleil, n'ayant

guère lieu que sur les parties découvertes, sans qu'il faille que les rayons aient une grande ardeur, est justement attribuée à l'action propre de la lumière. Dans ce qu'on appelle les coups de soleil, la chaleur paraît avoir une grande part. On les a même attribués à la concentration des rayons solaires par des dispositions de nuages agissant à la manière des lentilles; mais il n'est pas nécessaire d'avoir recours à de pareilles suppositions, qui d'ailleurs sont très-hasardées. S'il est vrai que cette inflammation de la peau survient le plus souvent par l'effet d'un soleil ardent, elle peut aussi être l'effet d'une lumière peu intense. J'ai connu des personnes qui étaient sujettes à cette affection, lorsqu'elles étaient au grand jour, dans des circonstances où le soleil avait peu de force; ce qui indique une grande sensibilité à l'action propre de la lumière. C'est à cette cause réunie à la chaleur que l'on doit, en général, rapporter les morts promptes ou subites chez ceux qui sont long-temps exposés au soleil dans les jours les plus chauds.

Voilà à-peu-près à quoi se réduisent nos connaissances positives relativement à l'action propre de la lumière sur l'économie animale; car, lorsqu'on donne pour exemple de l'action vivifiante de la lumière le dépérissement de ceux qui demeurent dans des lieux obscurs, tels que les prisons et les mines, il est évident qu'on ne peut distinguer l'effet de la privation de la lu-

mière parmi ceux qui doivent résulter d'une foule de causes délétères réunies dans ces lieux malsains.

On ne saurait cependant se défendre de l'opinion que la lumière a une part plus active dans les phénomènes des êtres animés que ce que la simple observation nous fournit.

J'ai pensé que j'en trouverais peut-être un exemple dans le développement des animaux : si cela était, nous aurions la plus forte preuve de l'influence bienfaisante de la lumière sur les fonctions générales. Par développement, j'entends ces changemens dans les formes qui surviennent depuis la conception ou la fécondation jusqu'à l'âge adulte.

En général, le développement qui a lieu jusqu'à la naissance, époque où l'animal se débarrasse de ses enveloppes, et se met, pour la première fois, en rapport avec le monde extérieur, s'effectue dans l'obscurité. Cependant il est des animaux dont les œufs, fécondés au dehors, ne laissent pas d'éclore, quoiqu'ils soient exposés aux rayons du soleil : de ce nombre sont les batraciens. J'ai cherché à déterminer quelle influence la lumière exerçait, indépendamment de la chaleur, sur ce genre de développement. A cet effet je plaçai des œufs de grenouille avec de l'eau dans des vases, dont l'un était rendu imperméable à la lumière par des enveloppes et un couvercle de papier noir, l'autre était transparent. Je les exposai de manière à ce que

leur température fût sensiblement égale, et que le vase transparent reçût les rayons du soleil.

Les œufs exposés à la lumière se développèrent successivement. Il n'en fut pas de même des œufs dans l'obscurité : aucun ne vint à bien. Je remarquai cependant sur quelques-uns des marques non équivoques du développement de l'embryon.

Quand même il serait possible que, dans une réunion d'autres circonstances plus favorables, le développement eût lieu sans la lumière, ce fait suffit pour prouver combien cet agent peut y contribuer.

Mais c'est surtout après la naissance qu'il était intéressant de déterminer les effets propres de la lumière sur le développement du corps, parce qu'alors presque tous les animaux y sont plus ou moins exposés. Quoique tous, en grandissant, changent de forme et de proportions, il est difficile d'apercevoir et d'apprécier avec justesse des modifications qui consistent dans des nuances : il faut donc que le choix tombe sur des espèces, parmi les vertébrés, dont le développement présente des différences de formes précises et palpables.

Ces conditions sont réunies, au plus haut degré, dans l'espèce qui a servi aux expériences précédentes, et dans celles qui appartiennent à la même famille. Dans toutes, les individus, pendant le premier âge, ont la forme et même la vie des poissons : point de membres, une queue, des branchies. Dans le second âge, ce sont des rep-

tiles, sans traces de ressemblance avec la forme extérieure des poissons : quatre membres, point de queue, pas de branchies : la métamorphose est complète. Plusieurs conditions extérieures y influent : j'en ai parlé dans la seconde partie de cet ouvrage : il reste à savoir ce que peut faire la lumière. Il est évident, par mes expériences, rapportées à l'endroit que je viens de citer, que l'absence de la lumière n'empêche pas nécessairement le développement en question, puisque deux têtards, sur douze contenus dans une boîte de fer-blanc, percée de petits trous pour le renouvellement de l'eau, et placée à plusieurs pieds de profondeur dans la Seine, subirent le changement de forme qui les constitue à l'état de reptiles.

Notons d'abord que ces deux individus se transformèrent beaucoup plus tard que ceux qui étaient exposés à la lumière, et qui avaient la liberté de monter à la surface de l'eau. A quoi était dû ce retard, ainsi que la persistance de la forme de poissons chez les autres ? Etait-ce au défaut de lumière ou de respiration par les poumons, organes dont ils sont pourvus ainsi que de branchies, ou à la réunion de ces deux causes ?

J'ai cherché à déterminer leur influence respective, d'abord, en mettant des têtards de grenouille dans deux grands vases contenant une dixaine de litres d'eau, tous deux capables d'admettre la lumière ; l'un de verre, mais avec un

diaphragme à fleur d'eau, pour empêcher la respiration aérienne; l'autre ouvert, pour laisser aux animaux la liberté de monter à la surface, et respirer l'air de l'atmosphère. Les uns et les autres jouissaient de la lumière; il n'y eut de différence que dans le défaut de respiration par les poumons. Ceux qui en étaient privés se transformèrent, à la vérité, plus tard; mais ce délai fut si court que l'influence de la cause que je voulais apprécier me parut très-faible. Il résulte de la comparaison de ce fait et du précédent, que l'absence de la lumière avait la plus grande part dans le retard de la transformation des deux têtards plongés sous l'eau, et dans la persistance de la forme de tous les autres. Je mis cette conclusion à une contre-épreuve. Je fis l'expérience sur des têtards de crapauds accoucheurs; je laissai à tous la liberté de respirer à la surface; j'en enfermai dans des vases où la lumière ne pénétrait pas; j'en mis beaucoup d'autres dans des vases transparens : je savais déjà, par le fait que j'ai rapporté plus haut, que la transformation pouvait avoir lieu dans l'absence de la lumière : aussi un de ceux qui en étaient privés parvint-il à un développement complet; mais l'autre persista dans sa forme première, caractéristique du premier âge, tandis que tous ceux qui jouissaient de la présence de la lumière subirent le changement de forme qui appartient à l'adulte. Il est ici très-important d'observer que cette in-

fluence de l'obscurité sur la forme ne provient pas d'un dépérissement de l'individu. Il paraissait en parfaite santé, et, ce qui est très-remarquable, il acquit de grandes dimensions. J'avais observé le même phénomène chez les têtards de grenouilles qui ne s'étaient pas transformés dans la boîte de fer-blanc submergée dans la Seine, expérience dont j'ai parlé plus haut. Voici ce que je remarquai. J'avais eu la précaution de peser chaque têtard avant de le placer dans un compartiment particulier, afin de pouvoir reconnaître le poids de chaque individu. A l'époque où je commençai l'expérience, ils avaient à-peu-près acquis le volume où ils sont près de se transformer, lorsque les conditions extérieures sont favorables à ce changement. En effet, ceux qui jouissaient de la lumière et de la liberté de respirer à la surface se métamorphosèrent promptement. En pesant de temps en temps les têtards qui ne se transformaient pas sous l'eau dans la boîte de fer-blanc, je trouvai qu'ils augmentaient successivement de poids; et plusieurs d'entre eux grandirent au point d'acquérir le double et le triple de leur poids primitif. Ainsi ces deux séries d'expériences concourent à prouver que la présence de la lumière solaire favorise le développement de la forme, et servent à faire distinguer ce genre de croissance de celui qui consiste dans l'augmentation des dimensions générales du corps.

En réfléchissant sur ces faits, on voit que l'action de la lumière tend à développer les différentes parties du corps dans cette juste proportion qui constitue le type de l'espèce. Ce type n'est bien caractérisé que dans l'âge adulte. Les déviations en sont d'autant plus marquées que l'époque est plus rapprochée de la naissance, et à tel point que certaines espèces, dont on ne verrait que de jeunes individus, seraient méconnaissables. S'il en était qui fussent dans des circonstances défavorables à leur développement ultérieur, on pourrait concevoir des espèces toujours subsistant sous un type très-différent de celui que la nature leur avait destiné, vivant toujours avec le caractère propre au jeune âge. Le protée anguiforme paraît être de ce nombre. Les faits que je viens d'exposer sur l'influence de la lumière et de l'obscurité tendent à confirmer cette opinion. En effet, le protée anguiforme vit dans les eaux souterraines de la Carniole, où l'absence de la lumière concourt avec la basse température de ces lacs, à empêcher le développement de la forme propre à l'adulte.

Le principe que nous avons déduit des expériences sur les animaux nous conduit aux considérations suivantes, relatives à l'homme. Dans les climats où la nudité n'est pas incompatible avec la santé, l'exposition de toute la surface du corps à la lumière sera très-favorable à la conformation régulière du corps: cette application est confir-

mée par une observation de M. de Humboldt, dans son Voyage aux régions équinoxiales (in-4°. Paris, 1814, p. 471.) Voici comment il s'exprime en parlant des Chaymas : « Hommes et femmes ont le corps très-musculeux, mais charnu, à formes arrondies. Il est superflu d'ajouter que je n'ai vu aucun individu qui ait une difformité naturelle ; je dirai la même chose de tant de milliers de Caribes, de Muyscas, d'Indiens Mexicains et Péruviens, que nous avons observés pendant cinq ans. Ces difformités du corps, ces déviations, sont infiniment rares dans de certaines races d'hommes, surtout chez les peuples qui ont le système dermoïde fortement coloré. Je ne puis croire qu'elles dépendent uniquement du progrès de la civilisation et de la mollesse de la vie, de la corruption des mœurs » Quelle que soit la multiplicité des causes qui peuvent y influer, nous ne saurions douter que l'action de la lumière sur toute la peau n'y contribue. D'autre part nous devons aussi conclure que le défaut d'une lumière suffisante doit faire partie des causes extérieures qui produisent ces déviations de forme dans les parties molles et dures chez les enfans affectés de scrophules : aussi cette conclusion est-elle appuyée par l'observation, que cette maladie se développe de préférence chez les enfans pauvres qui habitent des rues étroites et peu éclairées. Nous déduirons du même principe que, dans les cas où ces déviations

de formes chez les enfans ne paraissent pas incurables, l'insolation à l'air libre est un des moyens qui tendent à les ramener à une bonne conformation. Les praticiens qui savent tirer parti de tous les moyens curatifs ne négligent pas celui-ci, en ayant soin d'éviter l'exposition à une lumière trop vive. Il est vrai que la lumière qui donne sur nos vêtemens n'agit que par sa chaleur, dont nous faisons ici abstraction; mais les parties découvertes reçoivent l'influence propre de la lumière, et parmi ces parties, on aurait tort de regarder les yeux comme uniquement destinés à nous faire apercevoir les couleurs, les formes et les dimensions; leur sensibilité exquise pour le fluide lumineux doit les rendre plus aptes que toutes les autres parties du système nerveux à transmettre cette action de la lumière qui influe sur toute l'économie. Il est évident que la lumière, en agissant sur les yeux, ne se borne pas uniquement aux sensations de la vision, puisque l'impression d'une lumière, même modérée, sur ces organes produit l'exacerbation générale des symptômes dans plusieurs maladies aiguës.

CHAPITRE XVI.

Des Altérations de l'Air par la respiration.

Depuis les premières expériences de Priestley et de Lavoisier sur les altérations de l'air par la respiration, les savans n'ont été d'acord que sur deux points : la disparition d'une portion de l'oxigène et la production d'acide carbonique : encore diffèrent-ils sur la manière d'envisager la formation de cet acide, les uns le considérant comme formé de toutes pièces, dans la respiration, par la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang; les autres comme le produit de l'exhalation, et l'oxigène qui disparaît comme entièrement absorbé; mais ces diverses manières de voir ne portent que sur le mode de formation de ce gaz; le fait de sa production a été un résultat uniforme de toutes les expériences sur la respiration.

Sur tous les autres points il y a divergence. Relativement à la quantité d'oxigène qui disparaît, comparée à celle de l'acide carbonique produit, les uns trouvent que ces quantités sont sensiblement égales, les autres qu'elles diffèrent d'une manière marquée. A l'égard de l'azote il n'y a pas moins de dissentiment.

Ces contradictions m'ont engagé à reprendre ce sujet. Dans les premiers temps de la décou-

verte des parties constituantes de l'air atmosphérique, les proportions de l'oxigène et de l'azote n'étaient pas déterminées avec exactitude. Cette imperfection devait être une source d'erreurs dans les résultats ; mais, depuis le perfectionnement de l'analyse de l'air, les résultats n'en sont pas plus d'accord ; il a fallu en chercher la cause ailleurs ; dans le mode d'expérience, ou dans la nature des individus qu'on y soumet. Quant au procédé, jamais il n'imite parfaitement la respiration habituelle à l'air libre ; il altère ou le rhythme de la respiration ou la pureté de l'air inspiré. De là, on conteste ou l'on adopte certains résultats, suivant que le procédé éloigne ou rapproche la respiration du mode naturel. Enfin, il peut y avoir une autre cause de différence qui se rapporterait aux individus. Celle-ci dépendrait de la nature. En ce cas, ce ne serait pas la faute de l'expérimentateur. C'est à quoi on a le moins pensé ; car, à l'exception de Spallanzani et de M. de Humboldt, presque tous les expérimentateurs se sont exclusivement occupés de la respiration de l'homme, et de deux espèces de mammifères, le cochon d'Inde et la souris. Relativement à l'homme, il se présente d'autres difficultés que celles que j'ai déjà exposées : le volume de ses poumons renferme une grande quantité d'air avant et après l'expérience ; l'évaluation en est indispensable dans un très-grand nombre de cas ; mais elle est tellement incertaine que les résultats qui en dépendent sont un sujet perpétuel de doute et de discussion.

Les expériences de Spallanzani embrassent presque toute l'échelle des êtres animés. L'étendue et la généralité de ses résultats, la sagacité et le talent de l'expérimentateur, devaient inspirer une grande confiance; mais il a eu peu d'influence sur l'opinion des physiologistes relativement aux altérations de l'air dans la respiration, soit parce qu'il vécut à une époque où les proportions des parties constituantes de l'air atmosphérique n'étaient pas bien déterminées, soit parce qu'il ne fit pas d'expériences sur l'homme. Cependant, j'observerai qu'un savant qui a contribué avec M. Gay-Lussac à établir les proportions exactes de l'oxigène et de l'azote, M. de Humboldt, dans un travail très-étendu qu'il a fait avec M. Provençal sur la respiration des poissons, a prouvé que cette classe de vertébrés altéraient l'air de la même manière que Spallanzani l'avait indiqué pour les autres vertébrés. Vers le même temps, un autre savant, dont le nom fait époque dans l'histoire de la chimie et de la physique, Davy, obtint les mêmes résultats sur l'homme et une espèce de mammifères. Les travaux successifs que je viens de citer semblaient devoir fixer les opinions; mais MM. Allen et Pepys entreprirent de nouvelles recherches, et par les précautions qu'ils prirent, donnèrent une grande autorité à leurs résultats.

Suivant eux, la respiration libre et naturelle se réduit aux deux faits primitivement découverts,

la disparition d'une portion d'oxigène et la production d'une quantité équivalente d'acide carbonique.

La respiration devenait ainsi d'une grande simplicité : l'oxigène qui disparaît était exactement représenté par la quantité d'acide carbonique; de sorte que l'oxigène ne semblait jouer d'autre rôle que d'entrer en contact avec le sang des poumons, pour en brûler une partie du carbone, et être expulsé aussitôt. De là, si l'on raisonne d'après les idées reçues, point d'oxigène absorbé et porté dans le torrent de la circulation, soit pour y former de nouvelles combinaisons, soit pour y exciter et vivifier l'économie. L'azote ne paraissait pour rien dans les phénomènes de la respiration. Quelque exactitude qu'ils aient mise dans leurs expériences, il ne s'ensuit pas que leurs résultats soient constans. Ils n'ont opéré que sur l'homme et une seule espèce de vertébrés, les cochons d'Inde. Nous retombons ainsi dans plusieurs causes d'incertitude que j'ai indiquées plus haut. Je ne voyais qu'un moyen d'en sortir : c'était d'avoir égard à toutes, et de varier les expériences de manière à rendre les conclusions indépendantes de ces sources d'erreurs; car il y en a toujours : il s'agit d'en évaluer l'influence par la combinaison des résultats, afin d'en dégager la vérité.

Je me suis donc proposé de multiplier les expériences, non-seulement sur des individus de même espèce, mais, ce qui était essentiel, d'y soumettre

des individus d'espèces différentes, prises dans les trois classes de vertébrés à respiration aérienne ;

De varier les conditions dépendantes de l'âge et des circonstances extérieures ;

De diversifier le mode respiratoire depuis le degré le plus laborieux jusqu'à celui qui approche le plus de l'état naturel ;

D'établir un tel rapport entre la quantité d'air respiré et le volume des individus que la quantité et le volume de l'air restant dans les poumons ne pût affecter sensiblement les résultats ;

De faire une attention scrupuleuse aux mesures, et d'apprécier jusqu'à quel point les erreurs qui en sont inséparables peuvent affecter les conclusions (1).

Comme aucun procédé ne laisse la respiration absolument dans l'état naturel, il était essentiel

---

(1) Il y a deux méthodes par lesquelles on peut rapprocher également le procédé respiratoire du mode naturel. Par la première, on renouvelle et l'on recueille l'air respiré comme l'ont fait MM. Allen et Pepys ; mais il faut remarquer qu'on ne renouvelle jamais assez promptement l'air pour qu'il soit aussi pur que l'air libre ; par la seconde, on peut parvenir au même résultat en faisant séjourner l'animal pendant un court espace de temps dans une grande quantité d'air relativement à son volume.

J'ai choisi celle-ci, parce qu'elle permet l'appareil le plus simple ; ce qui est un point très-important sous bien des rapports, et surtout lorsqu'on se propose de multiplier beaucoup les expériences.

de comparer les effets d'une respiration plus ou moins gênée, pour juger de l'influence de cette respiration extraordinaire sur le mode d'altération de l'air.

En commençant par le séjour le plus prolongé possible, et le diminuant successivement, dans diverses séries d'expériences, on parcourt tous les degrés de la respiration, depuis la plus laborieuse jusqu'à celle qui diffère peu de la respiration naturelle. Si les effets se ressemblent, sans cependant être identiques, on peut juger de ce que la respiration doit être sous les rapports essentiels de l'altération de l'air, lorsqu'elle est à l'état naturel.

Je me proposais, par cette méthode, un autre avantage, c'est que dans les degrés de respiration laborieuse déterminés par le procédé expérimental, il devait se présenter des altérations de cette fonction qui se rencontrent dans des maladies de poitrine, d'où résulteraient des applications à la pathologie; car, si la physiologie ne s'occupait que des phénomènes de la santé, elle négligerait les connaissances les plus utiles.

Dans le choix de mon appareil, j'ai fait une attention particulière au moyen de mesurer les quantités d'air avant et après l'expérience. Il consiste dans un ballon de verre, auquel est adapté un tube dont le diamètre est assez large pour permettre l'introduction de l'animal. Comme les individus mis en expérience étaient ou des adultes

de très-petites espèces, ou des jeunes d'espèces plus grandes, le diamètre de ce tube était assez petit pour que la graduation pût déterminer de très-petites différences dans le volume de l'air. Chaque degré équivalait à un quart de centilitre. La graduation était double, afin que l'on pût bien observer de part et d'autre le niveau du mercure. L'air y était porté, avant l'expérience, à l'humidité extrême, pour que la transpiration n'en changeât pas le volume. L'animal était introduit, à travers le mercure, sur un diaphragme de fil de fer, jusqu'au haut du tube, et soutenu par une tige de même nature accrochée à l'orifice inférieur.

§ Ier. *Des Rapports de l'oxigène qui disparaît et de l'acide carbonique produit.*

Trois petits chiens, âgés d'un ou deux jours, furent introduits chacun dans un des vases que j'ai décrits plus haut, contenant 150 centilitres d'air. Ils y restèrent cinq heures. Pendant l'expérience, il était visible qu'il y avait une absorption d'air; car le mercure montait dans le tube, et on était obligé d'en ajouter dans le vase où il plongeait, afin d'entretenir le niveau. Par le même moyen, on reconnaissait que l'absorption était considérable, mais on ne pouvait ainsi en déterminer la mesure exacte. L'analyse de l'air respiré fit connaître que les trois petits chiens avaient produit à-peu-près la même quantité d'a-

cide carbonique, dont le terme moyen était 17,86 centilitres, et que l'absorption, à-peu-près la même dans tous, était, terme moyen, de 9,30 centil. Il s'agit maintenant de savoir quelle vue cette première expérience peut nous donner relativement à la nature du gaz absorbé. Il résultait bien de l'analyse que cette quantité de gaz absorbé l'était aux dépens de l'oxigène, mais on ne pouvait en déduire si c'était de l'oxigène pur, ou seulement de l'acide carbonique qui se mêle à l'air pendant la respiration, ou enfin un mélange de l'un et de l'autre. Nous supposerons d'abord, pour commencer à éclaircir la question, qu'il n'y a que les deux premières hypothèses de possibles; nous examinerons plus tard la dernière.

Or, s'il fallait choisir entre l'absorption de l'oxigène et celle de l'acide carbonique, voici la considération qui pourrait nous guider : dans les premiers temps de l'expérience, où la respiration commence, il n'y a guère d'acide carbonique dans le vase; mais la quantité de ce gaz augmente successivement avec la durée. Or, si l'on suppose que c'est l'acide carbonique qui est absorbé, l'absorption sera sensiblement nulle dans l'origine; elle croîtra avec la proportion d'acide carbonique dans l'air du vase, et sera à son maximum vers la fin de l'expérience. L'inverse aura lieu relativement à l'oxigène, en supposant que l'absorption n'agisse que sur ce gaz, puisque sa proportion est la plus forte au commencement, et

qu'elle diminue successivement. Or, voici l'aperçu que nous fournissent les expériences précédentes : lorsqu'on observe l'ascension du mercure dans le tube du vase, on reconnaît facilement que l'absorption a lieu dès l'origine. Dès que les animaux sont introduits, si l'on remarque la hauteur du mercure dans le tube, on voit à peine de dilatation ; effet qui devrait nécessairement résulter de l'élévation de la température de l'air du vase par celle de l'animal. Si la dilatation a lieu, elle n'est nullement en rapport avec l'augmentation de volume que devrait causer de suite l'accroissement de la chaleur de l'air ; lorsqu'il n'y a pas de dilatation, le volume de l'air reste stationnaire pendant un court espace de temps ; d'où il résulte, dans l'un et l'autre cas, que l'absorption a lieu dès l'origine, et par conséquent, que c'est de l'oxigène qui est absorbé. De plus, quand l'absorption est visible par l'ascension du mercure dans le tube, on voit qu'elle est plus rapide au commencement que vers la fin ; d'où nous conclurons que c'est à l'absorption de l'oxigène que cet effet est dû.

Cet aperçu nous conduit à une vérification remarquable.

Trois chiens, semblables aux précédens, furent placés dans les mêmes conditions que dans la première série d'expériences ; mais au lieu d'y demeurer cinq heures, ils n'y restèrent que deux heures. Or, il était intéressant de savoir

quel serait l'effet de ce séjour beaucoup moins prolongé sur la proportion de l'acide carbonique produit et du gaz absorbé. Il y eut ici, terme moyen, 14,86 cent. d'acide carbonique produit, et 7,0 cent. de gaz absorbé. Le gaz absorbé était, dans cette série, un peu moins de la moitié de l'acide carbonique produit, et dans la première, un peu plus de la moitié. Nous voyons ici combien peu le séjour prolongé de ces animaux dans de l'air contenant une assez grande proportion d'acide carbonique a influé sur la proportion en question. Il est donc évident que le gaz absorbé est principalement de l'oxigène, puisqu'un séjour de trois heures de plus dans le premier cas que dans le second a si peu altéré le résultat.

Au lieu de continuer les expériences sur la même espèce, en diminuant successivement la durée de l'expérience, pour rapprocher le mode de respiration de l'état naturel, nous prendrons les individus dans une autre espèce assez éloignée, pour étendre nos vues sur cette fonction.

Trois cabiais très-jeunes furent soumis au même genre d'expériences pendant 1h. 42'. Ils produisirent chacun, terme moyen, 21,69 cent. d'acide carbonique, et absorbèrent 5,44 cent. d'oxigène. Le changement d'espèce a produit un changement notable dans la proportion de l'oxigène absorbé, relativement à l'acide carbonique produit : chez les cabiais, elle est comme 1 : 4. ; chez les jeunes chiens de la seconde série,

un peu moins de 1 : 2. Cette différence tient nécessairement à celle de leur constitution. Outre la distinction qui dépend de l'espèce, les uns étant carnivores et les autres herbivores, il y en a une autre très-remarquable, dont nous avons souvent parlé, et qui tient à leur développement. Les cabiais nouveau nés viennent au monde dans un état plus avancé; ce qui leur donne la faculté de produire plus de chaleur. Quoi qu'il en soit de la part de l'une et de l'autre de ces conditions sur le phénomène qui nous occupe, toujours est-il vrai de dire que la constitution influe beaucoup sur le rapport de l'oxigène absorbé à celui de l'acide carbonique produit.

Jusqu'ici nous avons vu que le rapport du gaz absorbé à la quantité d'acide carbonique formé varie principalement suivant les espèces et l'âge; car, en jetant les yeux sur les tables (1), on verra que les termes moyens diffèrent peu des résultats particuliers. Mais nous allons voir des expériences sur d'autres espèces, où les individus différaient beaucoup à cet égard. Ces exemples sont tirés des oiseaux, soit dans la respiration laborieuse (2), soit dans la respiration qu'on peut regarder comme à-peu-près libre

---

(1) *Voyez* tabl. 61.
(2) *Voyez* tabl. 62 et 63.

et naturelle(1); car on peut modifier les conditions de l'expérience de manière à rapprocher infiniment la respiration du mode naturel. C'est ce qu'on peut effectuer avec le même appareil, en remplissant les conditions suivantes : que la quantité d'air soit très-grande relativement au volume de l'animal, et que la durée du séjour soit très-courte. L'animal respire alors dans un air très-peu altéré, et les résultats se rapprochent tellement de ceux qui ont lieu dans l'état habituel que l'on pourra avec raison conclure de l'un à l'autre.

Je choisis dix bruants adultes, dont le volume équivaut à-peu-près à 3 centilitres et une fraction. Je les plaçai chacun dans un vase de même nature que ceux dont j'ai déjà parlé, contenant 155,0 cent. d'air. Je ne les laissai dans l'appareil que 15 minutes. Je fis ces expériences dans les mêmes circonstances. Ils produisirent, l'un dans l'autre, 5,98 cent. d'acide carbonique, et absorbèrent 1,29 cent. d'oxigène. Cette série d'expériences réunit toutes les conditions qui peuvent autoriser à conclure de ce résultat de la respiration dans les vases clos à celui qui aurait lieu à l'air libre. La petitesse du volume de l'animal, la grande proportion d'air, la courte durée de l'expérience, la quantité d'acide carbonique, presque nulle au commencement, et en

(1) *Voyez* tabl. 64.

petite proportion à la fin, ne laissent aucun doute que l'absorption n'ait été presque entièrement aux dépens de l'oxigène de l'air du vase, et qu'il n'en soit de même de la respiration à l'air libre. Or, dans les résultats individuels, on voit une grande variation dans la proportion de l'oxigène absorbé à l'acide carbonique produit, dans les limites d'un peu moins de la moitié à un sixième; mais cette grande irrégularité ne porte que sur le rapport; la production d'acide carbonique était assez uniforme dans les cas où les conditions étaient très-semblables, comme dans la série précédente (1).

Il est évident que ces variations individuelles dans le rapport de l'oxigène absorbé à l'acide carbonique produit ne doivent pas se borner à l'espèce, comme je m'en suis assuré en répétant l'expérience sur d'autres espèces d'animaux, et en faisant les expériences de la même manière, afin de rapprocher la respiration du mode naturel.

Descendons maintenant à l'extrémité opposée de l'échelle des vertébrés à respiration aérienne, pour déterminer si nous y trouverons d'autres exemples d'absorption d'oxigène, dans le sens où nous avons jusqu'ici employé cette expression, c'est-à-dire, d'un excédant de l'oxigène qui disparaît sur l'acide carbonique produit.

Comme les reptiles altèrent l'air beaucoup plus

---

(1) *Voyez* tabl. 64.

lentement, il faut beaucoup prolonger leur séjour pour obtenir des résultats bien appréciables. La durée ici n'empêche pas que leur respiration, dans un vase clos dont l'air n'est pas renouvelé, n'imite suffisamment la respiration à l'air libre, pourvu qu'on remplisse les autres conditions dont j'ai parlé, et qu'on les retire à l'époque où ils ont produit une petite quantité d'acide carbonique relativement à l'air de l'appareil.

Dans une chaleur peu commune, à 27° en été, je fis neuf expériences sur la grenouille verte (*R. esculenta*), dans 74 cent. d'air. Je les y laissai 24 heures. Elles produisirent, terme moyen, 5,26 cent. d'acide carbonique, et absorbèrent 2,18 cent. d'oxigène.

D'autres expériences, faites à des températures plus basses, mais moyennes, ne laissèrent pas de donner un rapport considérable entre l'oxigène absorbé et l'acide carbonique produit (1).

De semblables recherches, faites sur des lézards gris, eurent le même succès. Je ne multiplierai pas les tableaux pour présenter les détails de ces expériences : ceux que j'ai donnés suffisent pour éclaircir les questions que je me suis proposé d'examiner.

Il en résulte que la proportion entre l'oxigène qui disparaît et l'acide carbonique produit est très-variable. L'excédant du premier, que nous avons

(1) *Voyez* tabl. 65.

appelé la quantité d'oxigène absorbé, varie dans des proportions telles que tantôt elle dépasse le tiers de l'acide carbonique formé, tantôt elle est si petite que l'on pourrait presque la regarder comme nulle. Cette différence ne tient pas uniquement à la constitution dépendant de l'espèce, mais aussi au développement relatif à l'âge chez les mêmes individus, et à des différences individuelles parmi les adultes.

Il est facile maintenant de savoir à quoi s'en tenir sur la diversité des résultats qu'ont obtenus les savans qui se sont occupés des altérations chimiques de l'air dans la respiration. Ceux qui ont déduit de leurs expériences que l'oxigène qui avait disparu excédait la quantité d'acide carbonique produit, ne se sont pas trompés, même dans l'origine de ce genre de recherches, lorsqu'il y avait plusieurs sources d'erreurs, et dans la mesure du volume, et dans les procédés eudiométriques, et dans les conditions de l'expérience, parce qu'il y a des cas nombreux où cet excédant est tel qu'il dépasse la limite d'erreur que les savans de cette époque aient pu commettre.

Ceci est particulièrement applicable à Lavoisier et à Spallanzani, même dans les cas où ils laissèrent les animaux séjourner long-temps dans l'air altéré, comme nous l'avons fait voir plus haut, et à plus forte raison lorsqu'il s'agit d'une époque récente où la détermination des mesures et des proportions était plus exacte.

Mais ces résultats n'excluent pas ceux de MM. Allen et Pepys, qui trouvèrent les quantités d'oxigène qui disparaît et d'acide carbonique produit sensiblement les mêmes, parce que nous avons vu, d'après ce qui précède, que cette proportion est très-variable, et que, dans quelques cas, nous avons reconnu qu'elle approchait beaucoup de l'égalité. Mais il y a eu erreur de part et d'autre, en généralisant les résultats des expériences; chez les uns, qui considéraient la proportion en question comme peu variable; chez les autres, qui la regardaient comme constante et déterminée dans la respiration naturelle. Nous remarquerons que ces derniers, quoiqu'ils aient mis le plus grand soin à obtenir des résultats exacts, les ont peu multipliés pour le nombre des individus, et encore moins pour les espèces. Nous ne serons donc plus embarrassés par la contradiction des opinions, puisqu'il n'y en a point dans les faits.

Ce résultat de mes expériences sur la respiration, relatif à la grande latitude de variations dans les proportions de l'oxigène qui disparaît et de l'acide carbonique produit, m'a paru important, non parce qu'il concilie les résultats des travaux antérieurs, ce qui cependant n'est pas sans intérêt, mais parce qu'il établit un fait fondamental utile à la théorie de cette fonction.

Depuis l'époque où j'ai présenté ce résultat à l'Académie des Sciences, en 1821, de nouvelles preuves ont été fournies de l'étendue dans laquelle les

proportions de l'oxigène qui disparaît, et de l'acide carbonique produit, peuvent varier selon les espèces. Nous les devons à M. Dulong, qui a comparé, avec le talent qui le distingue, les quantités de chaleur développées par les animaux, avec celle qui proviendrait de la respiration, en adoptant la théorie de Lavoisier. On en trouvera un extrait dans le *Journal de Physiologie* de M. Magendie, janvier. 1823.

§ II. *Des Rapports de l'azote dans l'air inspiré et expiré.*

J'aborde maintenant une question fondamentale relative aux altérations de l'air par la respiration, sur laquelle les travaux antérieurs diffèrent encore plus que sur la question précédente; car, dans la première, il n'y avait que deux résultats opposés, d'une part, que l'oxigène qui disparaît excède l'acide carbonique, d'autre part, qu'il l'égale; mais, dans la seconde, il y a toutes les contradictions possibles : 1°. qu'il y a égalité entre l'azote inspiré et expiré; 2°. qu'il y a excès dans le premier; 3°. qu'il y a, au contraire, excès dans le dernier. Cependant la plupart des physiologistes avaient adopté la première de ces opinions, comme il arrive ordinairement de choisir le parti moyen entre les deux extrêmes, s'il paraît également fondé sur des faits positifs. C'était l'opinion de Lavoisier, déduite de ses expériences et l'autorité de cet illustre chimiste a toujours et

d'un grand poids, surtout lorsqu'elle a été appuyée, dans ces derniers temps, par les travaux de MM. Allen et Pepys, qui avaient profité des perfectionnemens de la chimie, et avaient employé des précautions particulières relatives à la physiologie.

Cependant il devait toujours rester de l'incertitude, à cause des résultats différens de savans distingués dans l'une et l'autre science, à différentes époques, depuis Lavoisier jusqu'à nous. Des deux opinions extrêmes, dont l'une admet l'absorption et l'autre l'exhalation d'azote dans la respiration, la première est fondée sur les travaux les plus nombreux, et qui, en même temps, paraissent avoir été faits avec le plus de soin.

Mais, au lieu de balancer les autorités, j'ai cherché à me décider d'après l'observation des faits.

Je donnerai d'abord les résultats, et je discuterai ensuite la confiance que je devais leur accorder.

Qu'on jette les yeux sur les tableaux des altérations de l'air par la respiration des chiens nouveau nés et des jeunes cochons d'Inde, et l'on verra qu'il y a eu dans tous les cas, hormis un seul, augmentation de la quantité d'azote. Or, si quelques-unes de ces quantités sont petites, les autres me paraissent hors des limites d'erreurs que je pouvais commettre, et devaient me paraître l'effet de l'exhalation d'azote; et comme cet effet avait lieu dans la première et la seconde série d'expériences, où des animaux de même espèce et de même âge avaient séjourné dans l'air pendant des temps très-diffé-

rens, j'ai pensé qu'il en serait de même de la respiration naturelle (1).

Suivons de même les colonnes relatives à l'azote dans la table 62 des expériences sur la respiration des oiseaux, qui ont long-temps séjourné dans l'air respiré, mais pendant des durées et à des températures différentes, et nous verrons le même résultat.

Examinons le même point dans la respiration des grenouilles, que nous devons regarder comme naturelle, ou peu s'en faut, à cause de la faible altération dans la proportion d'oxigène et la petite quantité d'acide carbonique à la fin de l'expérience. Il y a dans presque toutes un excédant d'azote, et dans la plupart, une quantité assez notable pour qu'elle soit l'effet de l'exhalation (2). Je dirai la même chose des lézards.

Il suit de tout ce qui précède que, dans les nombreuses expériences que j'ai consignées dans les tableaux et dans une foule d'autres que je n'ai pas rapportées, nous observons les résultats suivans : que, dans presque tous les cas, il y a eu un excédant d'azote ; mais la considération des différences conduit nécessairement aux deux conclusions suivantes :

1°. Dans un grand nombre de cas, l'azote inspiré et expiré approche tellement de l'égalité, que l'on doit négliger cette petite différence, et ne pas

(1) *Voyez* tab. 61.

(2) *Voyez* tabl. 65. Expériences de juin et de juillet.

admettre qu'il y ait eu d'exhalation apparente.

2°. Dans un grand nombre d'autres cas, l'excédant d'azote est tel qu'on ne saurait nier l'exhalation de ce gaz, d'autant plus que la quantité surpasse beaucoup le volume des poumons, et fait une grande partie de celui de l'animal.

Comme ces deux résultats se reproduisent dans chaque série d'expériences que j'ai citées dans ce paragraphe, soit sur les individus de même espèce, soit sur d'autres d'espèces les plus éloignées, cette reproduction des phénomènes donne une grande garantie de la vérité des faits.

Je n'aurais tenu aucun compte du très-petit nombre de cas, dans les tables citées, où l'azote expiré était en défaut, par la raison que presque tous offraient de si petites différences que je n'aurais pu les attribuer à l'absorption, si d'autres séries d'expériences ne m'avaient fourni d'autres données.

Remarquons d'abord que les faits précédens se rapportent à des expériences faites dans différens mois du printemps et de l'été.

Portons maintenant l'attention du lecteur sur les tables d'expériences faites en automne et en hiver.

L'exhalation d'azote se reproduit encore sur des moineaux adultes le 22 octobre (1).

Nous verrons ensuite le phénomène inverse, à partir du 26, dans la table 63. Le défaut d'azote

(1) *Voyez* tabl. 63.

était aussi marqué que l'excès dans les expériences précédentes. Rien n'était changé, ni dans le mode d'expérience ni dans les circonstances extérieures.

Cette série étant faite sur des individus qui séjournaient aussi long-temps que possible dans un air altéré, on pourrait croire que cette absorption d'azote n'aurait pas lieu dans le cas d'une respiration naturelle; mais on verra par la table 64 que le même phénomène se reproduit par un séjour si peu prolongé, que la respiration approchait infiniment de celle qui a lieu à l'air libre.

Des expériences sur des bruans qui ne sont restés que 15 minutes dans 155 cent. d'air, et qui l'avaient très-peu altéré, comme on peut s'en assurer par l'inspection des résultats, ont donné, au mois de novembre, dans presque tous les cas, une diminution de la quantité d'azote (1).

Nous voyons que ces deux séries d'expériences faites sur des moineaux et des bruans adultes, dans une saison différente, nous présentent exactement le phénomène inverse de celui que nous avons observé précédemment. Nous appliquerons à ces résultats le même raisonnement que ci-dessus : dans les cas où la diminution de l'azote est très-petite, nous la négligerons, et nous n'admettrons pas d'absorption apparente; dans les autres, où la différence est très-marquée, nous reconnaîtrons l'absorption de ce gaz.

(1) *Voyez* tabl. 64.

Les expériences dans lesquelles j'ai observé ce phénomène sont, pour le moins, aussi nombreuses que celles qui m'ont fourni l'inverse dans une autre saison.

Je l'ai constaté sur les mêmes espèces d'oiseaux, en automne, en hiver et au commencement du printemps.

C'est même ce genre de rapport entre l'azote inspiré et l'azote expiré que j'ai observé d'abord. Pendant la saison froide, les cas qui y faisaient exception étaient extrêmement rares; mais en poursuivant ces recherches sur les mêmes espèces d'oiseaux qui m'avaient précédemment présenté ce phénomène, je remarquai bientôt le rapport inverse. J'observai, pour la première fois, ce changement au printemps : il se soutint, le reste de cette saison, pendant l'été et le commencement de l'automne, avec un petit nombre d'exceptions, comme il était arrivé dans le cas contraire.

Quoique rien n'ait pu me faire prévoir le changement dans le rapport de l'azote inspiré et expiré qui avait eu lieu dans les expériences précédentes, et qui s'était maintenu dans la belle saison, je devais m'attendre à ce que le rapport inverse s'établît à une époque quelconque de l'automne. J'avais donc un motif puissant pour continuer le même genre d'expériences; et j'obtins les résultats que j'ai consignés dans les tableaux, et qui suffisent pour donner une juste idée de leur nature.

Dans la série d'expériences relatives aux oiseaux, les quantités d'azote inspiré et expiré se présentent comme des quantités variables, susceptibles de trois proportions : 1°. l'égalité des deux, 2°. l'excès de l'un, 3°. l'excès de l'autre.

Comme il n'y a pas de méthode assez parfaite, même entre les mains des plus habiles, pour que la détermination des mesures ne soit sujette à quelque erreur, il s'agit de savoir comment des causes de cette espèce peuvent affecter notre manière d'envisager les résultats précédens.

Il y a une manière de les considérer qui les rend indépendans du degré de confiance qu'on accorde à l'exactitude de l'expérimentateur.

Si les différences dans les rapports de l'azote inspiré avaient été absolument irrégulières, et, pour ainsi dire, confusément éparses dans le cours des expériences, tantôt en excès, tantôt en défaut, on aurait pu être en défiance, comme on l'est pour tout résultat irrégulier, et l'attribuer, non à la nature des animaux, mais à l'inexactitude des mesures. Lorsque, au contraire, on voit les différences, quelque légères qu'elles soient, avoir lieu, en général, dans le même sens pendant un long espace de temps, et puis dans un sens inverse à une autre époque également prolongée ; lorsque les procédés ont toujours été les mêmes, il faut en conclure qu'il y a eu un changement dans le sujet même de l'expérience, si le sujet est susceptible de varier.

Mais quoi de plus variable qu'un être animé? Et n'avons-nous pas vu, dans le cours de cet ouvrage, que ces mêmes espèces subissent, sous d'autres rapports, des changemens notables dans leur constitution par l'influence des mêmes causes?

C'est ce changement de constitution dans la succession des saisons qui, me faisant présumer qu'il pouvait s'étendre aux rapports des altérations de l'air par la respiration, m'a fait entreprendre cette série de recherches dans le cours de l'année. On voit que je ne me suis pas pressé de conclure d'un petit nombre de faits, et que leur multiplicité et leur accord devaient me donner la conviction que ce que j'observais n'était pas une illusion de l'expérience, mais un effet de la nature. La vue des tableaux, quoiqu'ils ne présentent qu'une partie des résultats, suffira pour justifier cette conclusion.

Considérant donc l'azote inspiré et expiré d'une manière abstraite et indépendante des causes qui peuvent les faire varier, nous dirons qu'ils sont susceptibles de changer de rapports, de manière à se dépasser mutuellement, et que leur plus grande différence paraît la même de part et d'autre.

Cette différence dans l'azote inspiré et expiré n'a jamais égalé la plus grande différence observée entre l'oxigène qui disparaît et l'acide carbonique produit; de sorte que les deux premières

quantités tendent beaucoup plus à l'égalité. Cette tendance est telle que, dans un grand nombre de cas, les différences ont été trop légères pour être regardées comme réelles. Relativement aux causes qui peuvent les faire varier, elles sont probablement très-nombreuses et difficiles à saisir. Quant à l'influence des saisons, dont nous avons observé l'effet sur des bruans et des moineaux adultes, il est évident, par ces expériences mêmes, que cette cause ne domine pas toujours sur les autres, puisqu'il y a des cas où l'absorption était sensible en été et l'exhalation en hiver. Il est vrai que j'ai reconnu l'absorption de l'azote, en hiver, sur des chauve-souris et des souris adultes; mais je n'ai pu multiplier assez mes recherches sur ces espèces comme sur les précédentes. A l'égard des animaux très-jeunes, tels que des cochons d'Inde, je n'ai guère observé que des cas d'exhalation d'azote, soit en été, soit en hiver.

Mais quelle qu'en soit la cause, toujours est-il vrai que l'azote inspiré et l'azote expiré sont susceptibles de varier de manière à présenter les trois rapports suivans : 1°. l'égalité, 2°. l'excès de l'un, 3°. l'excès de l'autre.

Nous sommes parvenus à ce résultat par des expériences directes et multipliées, abstraction faite de toute considération tirée des travaux d'autrui. Nous verrons, dans le paragraphe suivant, combien il est justifié par leur appui, quoique leurs opinions semblent dissidentes, et combien ce

résultat devient important, à le considérer sous un nouveau point de vue.

§ III. *De l'Exhalation et de l'Absorption de l'azote.*

Les principaux savans qui ont constaté l'absorption d'azote dans la respiration des animaux vertébrés, souvent dans des quantités si notables que ce résultat devait être hors de la limite des erreurs de l'expérience, sont Spallanzani, de Humboldt, Davy, Pfaff et Henderson. Ceux qui n'ont pas trouvé d'altération sensible dans la quantité de ce gaz, par la respiration qui se rapproche du mode naturel, sont Allen, Pepys et Dalton ; les savans qui en ont reconnu l'augmentation sont Berthollet et Nysten. Quoique ce dernier ait quelquefois trouvé l'azote excédant en proportion telle qu'on ne saurait l'attribuer à des fautes d'analyse, le fait de l'exhalation d'azote dans la respiration était celui qui avait le plus besoin de confirmation. Indépendamment des preuves que j'en ai fournies, il vient d'être confirmé par les travaux de M. Dulong.

MM. de Humboldt et Provençal, dans une longue suite d'expériences sur la respiration des poissons, ont constaté que ces animaux absorbent de l'azote dans une grande proportion

Spallanzani a reconnu l'absorption d'azote par des reptiles et diverses espèces d'animaux à sang

chaud. Davy l'a trouvée sur lui-même, et dans des expériences si nombreuses, qu'il ne put douter de la vérité du fait. Il en est de même de Pfaff et Henderson.

On ne peut pas douter que les savans que je viens de citer n'aient réellement observé l'absorption d'azote. Quant à moi, je devais en être pleinement convaincu, puisque je l'avais constatée dans des cas multipliés. J'étais également persuadé de la vérité du fait de l'exhalation d'azote avancé par d'autres savans, puisque je l'avais reconnu par des observations tout aussi multipliées que les précédentes. Il en est de même relativement au phénomène intermédiaire, l'égalité dans les quantités de l'azote inspiré et expiré; car de très-petites différences en pareil cas doivent être négligées.

Mais l'esprit ne se complaît que dans la régularité des phénomènes. Accoutumé à les trouver constans dans la nature inorganique, et à juger de la vérité des résultats de l'expérience par la possibilité de les reproduire à volonté dans le même sens et dans la même mesure, on recherche avec empressement le même caractère dans un autre ordre de faits qui sont nécessairement variables. De là, la difficulté d'obtenir un assentiment général aux résultats d'expériences physiologiques, qui, par leur nature, ne peuvent présenter cette uniformité sur laquelle l'esprit se repose avec confiance.

Persuadé que des résultats différens, et même opposés, ne s'excluent pas nécessairement quand il s'agit de la vie, je me suis toujours appliqué à varier tellement mes recherches que je pusse reproduire quelques-uns de ces phénomènes, qui paraissaient contradictoires dans les travaux des autres physiologistes. C'est ce qui m'est arrivé relativement à la respiration, et surtout en ce qui concerne l'azote. Mais cela ne suffisait pas : il fallait aussi rechercher par quels liens ces phénomènes divers pouvaient être unis.

Dans les expériences différentes où l'on obtient, d'une part, la diminution de la quantité d'azote, et de l'autre, l'augmentation de ce gaz, il y a deux manières d'envisager ces résultats. Dans la première, la quantité d'azote qui disparaît serait due uniquement à l'absorption, et l'augmentation de la quantité de ce fluide uniquement à l'exhalation; de manière qu'une seule de ces fonctions s'exercerait à la fois. Dans la seconde, les deux fonctions d'absorption et d'exhalation s'exerceraient en même temps, et l'on ne verrait, dans les résultats, que les différences de leur action. Ainsi, lorsqu'un animal respire dans l'air atmosphérique, les deux fonctions seraient simultanées; d'une part, il absorberait de l'azote; d'autre part, il en exhalerait; et du rapport des quantités absorbées et exhalées proviendraient nécessairement trois résultats différens, suivant la constitution des individus et les circonstances où ils

sont placés. Lorsque l'exhalation prédomine sur l'absorption, on n'aura pour résultat de l'expérience que de l'exhalation; lorsque l'absorption prédomine, la différence sera de l'absorption; lorsqu'enfin ces deux fonctions ont lieu dans la même proportion, on ne verra les effets ni de l'une ni de l'autre, et l'azote expiré sera égal à l'azote inspiré.

Jusqu'ici cette interprétation des résultats divers n'est qu'une vue de l'esprit; mais comme il serait de la plus grande importance pour la physiologie de s'en assurer, il s'agit de la vérifier par des faits. On ne peut trouver la solution de cette question par des expériences directes; car on ne pourra jamais voir dans une même expérience que l'absorption et l'exhalation d'azote ont lieu en même temps. Il faut donc avoir recours à des méthodes indirectes, par lesquelles cependant on peut acquérir la même certitude. Supposons le cas d'un animal, donnant pour résultat d'expérience l'égalité de l'azote inspiré et expiré, ou des différences si légères qu'on pourrait les négliger; dans l'hypothèse où le résultat est dû à l'égalité dans les quantités absorbées et exhalées, il y aurait un moyen certain de détruire cet équilibre. On ne saurait empêcher l'animal d'exhaler de l'azote; mais on peut le placer dans des conditions telles qu'il ne puisse en absorber, si ce n'est des quantités si petites qu'elles n'influent pas sur le résultat prévu.

Voilà le genre de recherches que je m'étais pro-

posé, et dont je me suis occupé, après avoir présenté à l'Académie des Sciences le Mémoire déjà cité sur la respiration; mais ces recherches de ma part étaient inutiles. Les expériences de cette nature avaient déjà été faites, mais dans des vues très-différentes. MM. Allen et Pepys en ont fait avec la plus grande exactitude. Les résultats n'en sont pas équivoques, et il est facile de les prévoir d'après les vues que j'ai exposées.

Je n'ai pas besoin de décrire l'appareil; il suffit de dire que l'animal était placé dans des conditions telles que sa respiration était à-peu-près semblable à celle qui avait lieu dans l'air atmosphérique, en entretenant le renouvellement de l'air par un courant constant et uniforme.

Ces auteurs placent un cochon d'Inde dans leur appareil; l'animal s'y porte aussi bien qu'à l'air libre. Ils trouvent après l'expérience, relativement à l'azote, que sa quantité est sensiblement la même avant qu'après. Ce résultat, conforme à d'autres, les persuade que l'azote n'éprouve aucune altération dans la respiration libre et naturelle.

Dans le même appareil, au lieu d'azote, ils emploient de l'oxigène qui n'était pas absolument pur, et qui contenait encore cinq pour cent d'azote. Ils y placent un animal de même espèce; ils entretiennent un courant de ce gaz, comme dans les expériences précédentes; l'animal paraît en bon état. Prévoyons le résultat d'après ce que nous avons exposé plus haut. Si, dans les expériences précédentes,

où l'animal respirait l'air atmosphérique, il ne s'est pas manifesté d'exhalation d'azote, c'est qu'il était dans le cas de pouvoir en absorber en quantité suffisante pour égaler la perte; mais dans l'oxigène presque pur, les conditions sont bien différentes. La petite quantité d'azote qui se trouve dans l'oxigène n'est plus en proportion suffisante pour que l'absorption équivale à l'exhalation de ce gaz, et l'absorption, s'il en existe, est si petite, qu'on doit la regarder comme nulle. L'exhalation se manifestera donc, dans ce cas, d'une manière notable.

Voilà le résultat de la théorie; voici celui de l'expérience : l'exhalation fut considérable, et il était impossible d'attribuer l'excédant d'azote à la quantité qui était dans les poumons au commencement de l'expérience; car le volume de l'azote expiré surpassait de beaucoup le volume de l'animal. C'était donc une véritable exhalation, qui, dans cette série d'expériences, était rendue évidente par l'impossibilité où était l'animal d'absorber une quantité équivalente d'azote. Les auteurs étaient portés à croire que l'exhalation était due à la circonstance extraordinaire de la respiration d'oxigène; mais elle a lieu également dans l'air atmosphérique, comme le prouvent, entre autres, les résultats que j'ai obtenus, et les faits constatés par M. Dulong. La quantité, à la vérité, en est variable; mais on ne peut douter que cette exhalation ne soit un phénomène naturel.

Voici une autre vérification qui ne laisse rien à désirer, et dont nous pouvons de même prévoir les résultats.

Supposons qu'on fasse respirer un animal dans un air factice, composé d'oxigène et d'hydrogène dans les mêmes proportions que l'air atmosphérique, je dis que nous pouvons prévoir le résultat d'après les vues exposées plus haut. D'abord, à cause de l'absence de l'azote, ou de sa présence en très-petite quantité, l'exhalation de ce gaz ne pourra pas être contre-balancée par l'absorption, et son exhalation sera alors manifeste, comme dans le cas précédent. Mais il y a plus : dans cet air factice, l'azote est remplacé par l'hydrogène. Or, je dis que, par la nature même de la fonction de l'absorption dans les poumons, il y aura absorption de ce gaz, et elle sera manifeste, parce que l'exhalation d'hydrogène n'étant pas un produit de la respiration, rien ne contre-balancera l'absorption. Je dis qu'il y aura nécessairement une absorption d'hydrogène dans les poumons, parce que tous les liquides qu'on introduit dans ces organes sont absorbés. Les expériences nombreuses de M. Magendie le mettent hors de doute. Tous les autres gaz le sont aussi. Y aurait-il une exception pour l'hydrogène? D'autres faits, que je ne cite pas, prouvent directement que cette exception n'existe pas.

Passons maintenant du projet de l'expérience, et des considérations qu'il a fournies, à l'exposition du fait. MM. Allen et Pepys ont fait cette expé-

rience de la manière que j'ai indiquée, avec les mêmes précautions que dans les cas précédens. Les résultats ont été exactement semblables à ceux que j'ai déduits des vues exposées plus haut. L'exhalation d'azote a été telle qu'elle a surpassé le volume de l'animal; il y a eu une absorption considérable d'hydrogène. Voilà la preuve que les deux fonctions s'y exercent en même temps : d'une part, l'exhalation qui fournit nécessairement de l'azote; et de l'autre, l'absorption qui s'exerce indispensablement sur le gaz respiré, dont une grande partie se trouve ici être de l'hydrogène. Or, l'hydrogène est un gaz moins propre à la respiration, moins propre à l'entretien de la vie que l'azote. Cependant il a été absorbé dans une proportion telle qu'elle surpassait la quantité d'azote exhalée.

Maintenant qu'on substitue à l'hydrogène qui formait cet air factice, de l'azote en même proportion pour former de l'air atmosphérique : n'est-il pas de toute évidence qu'il sera absorbé de même, et que cette absorption ne pourra se manifester qu'autant que la quantité absorbée surpassera celle qui sera exhalée? Or, ces deux fonctions étant nécessairement variables dans la mesure de leur action, suivant une foule de conditions dépendantes soit de la constitution de l'individu, soit des circonstances dans lesquelles il est placé, leurs rapports varieront, et donneront naissance aux trois résultats dont nous avons parlé plus haut,

dans les rapports de l'air inspiré et expiré, l'excès, l'égalité et la diminution d'azote.

§ IV. *De la Production de l'acide carbonique dans la respiration.*

Il ne peut y avoir que deux manières essentiellement différentes de considérer la production de l'acide carbonique dans la respiration:

Dans la première, l'oxigène de l'air inspiré entre en contact, à travers les parois des vaisseaux pulmonaires, avec le sang qu'ils contiennent, s'unit à une portion du carbone de ce liquide, et forme ainsi de l'acide carbonique.

Dans la seconde, l'oxigène qui disparaît est entièrement absorbé, et remplacé dans l'air respiré par un volume plus ou moins semblable d'acide carbonique.

Par la première hypothèse, l'acide carbonique expiré ne serait qu'une transformation de l'oxigène inspiré; par la dernière, une substitution d'un gaz à un autre.

Ces deux modes d'interprétation ne pouvaient échapper à Lavoisier : aussi les a-t-il formellement exposés dans son premier mémoire sur la respiration. Voici comment il s'exprime : « Je me trouve, à cet égard, conduit à deux considérations également probables, et entre lesquelles l'expérience ne m'a pas encore mis en état de prononcer. En effet, de ce qu'on vient de voir on peut conclure

qu'il arrive de deux choses l'une par l'effet de la respiration : ou la portion d'air éminemment respirable contenu dans l'air de l'atmosphère est convertie en acide crayeux aériforme, en passant par les poumons, ou bien il se fait un échange dans ce viscère. D'une part, l'air éminemment respirable est absorbé, et de l'autre, le poumon restitue à la place une portion d'acide crayeux aériforme presque égale en volume. »

Malgré la parfaite impartialité avec laquelle il s'exprime sur la probabilité de ces deux manières de concevoir la formation de l'acide carbonique, il avoue qu'il serait porté à croire que l'un et l'autre de ces effets ont lieu pendant l'acte de la respiration.

Mais il était difficile qu'en avançant dans ses travaux chimiques sur la formation de l'acide carbonique par la combustion du charbon et le dégagement de chaleur qui en résulte, et en continuant ses recherches physiologiques sur la respiration, l'analogie ne lui parût parfaite entre ces deux ordres de phénomènes : aussi cessa-t-il de regarder les deux manières d'envisager la production d'acide carbonique dans la respiration comme également probables, et il adopta de préférence la première, que l'acide carbonique se forme dans les poumons par la combinaison de l'oxigène avec le carbone du sang, et qu'il est expiré dans cet état.

On sait qu'il n'avait pas terminé ses travaux

sur la respiration lorsqu'il fut enlevé par une mort prématurée et déplorable. Il est possible que, s'il avait vécu, il eût cherché, comme il en avait d'abord l'intention, à déterminer, par l'expérience, laquelle des deux hypothèses est vraie; mais celle qu'il avait adoptée expliquait parfaitement tous les faits connus relatifs à la respiration, et présentait, en même temps, le rare avantage de rendre compte, d'une manière satisfaisante, d'une des fonctions les plus importantes, la production de la chaleur animale. L'attrait que devait avoir pour lui la vue de phénomènes aussi bien coordonnés ne pouvait guère laisser de doute dans son esprit sur la vérité de l'interprétation qu'il avait adoptée : elle ne devait plus lui paraître une hypothèse; et quoiqu'elle n'eût pas cessé de l'être, tel était le charme qui y était attaché, que presque tous ses successeurs qui se sont livrés au même genre de travaux l'ont adoptée sans examen.

Cependant Spallanzani, et le fait est bien remarquable, croyant être de l'avis de Lavoisier, avait adopté l'opinion contraire; et qui plus est, il chercha à l'établir par des expériences telles que, si elles étaient exactes, elles devaient conduire à renverser l'opinion généralement reçue. Elles ne parurent qu'après sa mort, dans ses mémoires sur la respiration, traduits par M. Sénebier, sur le manuscrit inédit. Les faits dont il s'agit, quoique publiés en 1803, et consignés dans un ou-

vrage généralement connu, y restèrent, pour ainsi dire, ensevelis, puisqu'ils n'influèrent pas sur la manière de concevoir les phénomènes de la respiration et que personne n'entreprit une série d'expériences pour décider la question.

Cependant cette décision importait beaucoup à la science, car la question est tout-à-fait fondamentale. J'ai été nécessairement conduit à l'examiner, après avoir traité les autres sujets principaux relatifs aux altérations chimiques de l'air dans la respiration, qui ont été en litige depuis les premières découvertes. Il n'y a qu'un moyen de se décider par l'expérience en faveur de l'une ou de l'autre hypothèse sur la production de l'acide carbonique. Il est simple et se présente naturellement à l'esprit : c'est le procédé employé par Spallanzani. Il est évident que si l'acide carbonique résulte de la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang dans l'acte de la respiration, il ne se produira pas d'acide carbonique dans le cas où un animal respire un gaz dépourvu d'oxigène. Je n'ai pas besoin d'ajouter qu'on fait abstraction de l'oxigène et de l'acide carbonique que les poumons peuvent contenir lorsqu'on soumet l'animal à ce genre d'expériences.

Je suppose donc que l'on puisse écarter cet élément de complication ; si un animal respire dans un gaz dépourvu d'oxigène, et qu'il produise de l'acide carbonique, il sera le résultat de l'exhalation:

Mais s'il est facile d'imaginer les conditions extérieures qui servent à décider la question, il est une difficulté qui naît du choix des sujets propres à l'expérience. L'homme peut inspirer plusieurs fois de l'hydrogène ou de l'azote purs; mais la quantité de ces gaz qu'il peut inspirer sans danger est trop peu considérable pour qu'on puisse en tirer aucune conclusion. En effet, quelque forte que soit l'expiration pour se débarrasser de l'air contenu dans les poumons, il en reste toujours une grande proportion qui, en se mêlant ensuite à l'hydrogène ou à l'azote respiré, fournit de l'acide carbonique. Or, les moyens d'évaluer ces quantités sont tellement inexacts qu'on ne saurait compter sur le résultat de pareilles expériences. Ce que je dis de l'homme en général est applicable aux animaux à sang chaud; du moins cela paraît ainsi à la première vue.

D'un autre côté, si l'on choisit les animaux dans les classes très-éloignées, comme parmi les invertébrés, les mollusques, par exemple, ainsi que l'a fait Spallanzani, on est peu disposé à admettre comme un phénomène général les résultats d'expériences faites sur des êtres d'un ordre si inférieur, et dont l'organisation paraît si différente de la nôtre. C'est ce qui m'a décidé à ne pas commencer mes recherches par vérifier les expériences sur les limaçons, et à choisir, parmi les vertébrés, les espèces les plus propres à remplir les conditions requises. Les plus favorables sont

que l'animal vive long-temps sans oxigène ; que, dans cet état, il exécute des mouvemens respiratoires, et que la capacité des poumons soit petite.

Parmi les vertébrés à sang froid et à respiration aérienne, il n'y a guère que les batraciens qui réunissent ces avantages : encore ne les présentent-ils pas dans tous les temps. D'abord, relativement à la durée de la vie hors du contact de l'air, j'ai fait voir, dans mes premières recherches sur l'influence des agens physiques, qu'elle dépendait de deux conditions principales, la température actuelle et la température précédente ; que l'élévation de température, dans les deux cas, abrège singulièrement le temps durant lequel ils peuvent se passer de l'influence de l'air ; de sorte qu'en été, dans un milieu dépourvu d'oxigène, et à 20° centig., des grenouilles ne vivraient guère qu'une heure si la température précédente avait été très-élevée ; tandis qu'en hiver, après une longue durée de la température de 0°, si on les plaçait dans un milieu au même degré, elles y vivraient de deux à trois jours.

Quant aux mouvemens respiratoires, ils ne peuvent les exécuter, ni dans tous les milieux privés d'air, ni dans toutes les saisons. Si on plonge des grenouilles sous l'eau, que ce liquide soit aéré ou non, ces mouvemens cessent à l'instant, et quelque temps qu'elles puissent y vivre, on n'en voit presque jamais.

Il en est à-peu-près de même si on les met dans l'hydrogène en été, ou dans les autres saisons de l'année, où leur faculté de vivre sans air est considérablement diminuée. Il n'en est pas ainsi en hiver et au commencement du printemps, lorsque leur constitution est encore modifiée par la saison précédente : elles exercent alors des mouvemens respiratoires qui ont toute la régularité, l'étendue et la vitesse qu'ils auraient si ces animaux respiraient dans l'atmosphère.

Relativement aux poumons, leur organisation les rend extrêmement favorables à ce genre d'expériences; car, en exerçant une pression sur les flancs, on peut expulser l'air qu'ils contiennent avant de les introduire dans l'hydrogène.

Je fis mes premières expériences au commencement de mars, époque où je savais que les grenouilles pouvaient vivre assez long-temps dans l'hydrogène pour me donner un résultat satisfaisant. J'employai des vases très-propres à ce genre d'expériences, et susceptibles d'une grande exactitude pour la mesure du volume du gaz. J'en ai donné la description dans le premier paragraphe de ce chapitre, page 409.

Il est évident qu'il fallait prendre les plus grandes précautions pour que l'hydrogène dans lequel ces animaux devaient respirer fût aussi pur que possible, afin qu'aucun élément étranger ne vînt compliquer le résultat. C'est pourquoi je dégageais l'hydrogène par le moyen du zinc, de l'acide

sulfurique et de l'eau, et je faisais passer le gaz, avant de le recueillir, à travers un flacon contenant une forte dissolution de potasse caustique; je le recueillais au-dessus de l'eau bouillie, pour qu'il n'y eût pas de mélange d'air atmosphérique. Malgré toutes ces précautions, je m'assurais par l'analyse qu'il ne contenait ni acide carbonique ni air atmosphérique, et de plus, son passage à travers la potasse l'avait dépouillé, autant que possible, de toute odeur étrangère.

Je remplis le ballon de 153 centilitres de cet hydrogène, que je plaçai sur le mercure; j'introduisis une grenouille sur un diaphragme de fil de fer, soutenu par une tige accrochée à l'ouverture inférieure du tube. L'animal exécuta pendant longtemps des mouvemens respiratoires très-amples et très-réguliers. Ces mouvemens cependant déclinèrent, et cessèrent avant la fin de l'expérience, qui dura 8 h. 30'. L'animal, quoiqu'il eût cessé de donner des mouvemens, n'était pas encore mort. Exposé à l'air, il revint quelque temps après. La comparaison du volume du gaz, avant et après l'expérience, faisait déjà reconnaître qu'il y avait du gaz exhalé : nous reviendrons plus tard sur la mesure de cette différence. Une portion de l'air du ballon fut ensuite analysée, dans un tube gradué, avec une solution de potasse caustique, et je reconnus qu'il y avait une quantité notable d'acide carbonique. La quantité d'acide carbonique contenue dans l'hydrogène dans lequel l'a-

nimal avait respiré montait à 2,97 cent., c'est-à-dire, très-près de trois centilitres, ce qui équivaut à-peu-près au volume de ces animaux. Or, cet acide carbonique ne provenait nullement de l'air contenu dans les poumons; car, en plongeant l'animal sous le mercure pour l'introduire dans l'appareil, on avait eu soin de comprimer les flancs de manière à expulser l'air de ces organes. Cette compression peut aller au point de pousser les poumons jusque dans la gueule, où on les voit absolument exempts d'air. D'ailleurs, ces organes sont si petits que la quantité d'acide carbonique qu'ils peuvent contenir ne serait pas sensible aux eudiomètres ordinaires, lorsqu'on emploie un aussi grand volume d'hydrogène que celui qui a servi à l'expérience. Cet acide carbonique a donc été exhalé en entier.

Je ne pouvais guère douter de la vérité de ce résultat; mais l'erreur se glisse si facilement dans une expérience qui paraît conduite avec tout le soin possible, que je me suis appliqué à la répéter plusieurs fois, en écartant toutes les causes de complication, et en donnant l'attention la plus scrupuleuse à l'exactitude de la mesure.

En répétant l'expérience à plusieurs reprises, j'acquis la certitude que ces animaux, placés dans l'hydrogène pur, exhalaient de l'acide carbonique dans des quantités variables, suivant les individus et la durée de l'expérience. Tantôt la proportion correspondait à une portion considé-

rable de leur volume, d'autres fois elle était assez grande pour l'égaler, sinon le surpasser.

A mesure que j'avançais dans cette vérification, il arrivait ce que j'avais prévu en commençant ces recherches, que la durée de l'expérience diminuait nécessairement par le changement de constitution. Je les avais commencées, comme je l'ai dit plus haut, le 1er mars. La température alors était de 10° cent., et quoiqu'elle ait varié pendant que je m'occupais de ces expériences, elle ne s'est guère élevée au-delà dans cet espace de temps. Les animaux vivaient d'abord au moins huit heures dans l'hydrogène; mais la durée de leur vie, dans les mêmes circonstances, n'a pas tardé à diminuer sensiblement, et à se réduire à la moitié de ce temps. C'est que la température n'agit pas seulement par son degré, mais par sa durée, pour modifier la constitution des animaux, ainsi que je l'ai fait voir dans mes premières recherches. Mais un autre phénomène non moins remarquable est celui que présentent les organes qui exercent les mouvemens respiratoires. J'ai dit plus haut que lorsque ces animaux sont sous l'influence de la saison froide, ils exécutent, dans une atmosphère d'hydrogène, des mouvemens respiratoires avec la même force et la même continuité que dans l'air atmosphérique. Ils conservent assez de leur constitution acquise pendant l'hiver pour respirer de même dans l'hydrogène au commencement du

printemps; mais, à mesure qu'on avance dans la saison, ils perdent cette faculté, et se comportent alors dans ce gaz à-peu-près comme ils le feraient dans l'eau, quelle que fût l'époque de l'année, c'est-à-dire, que les mouvemens respiratoires cessent dès qu'on les y introduit, ou deviennent très-rares, quoiqu'ils puissent y vivre quelques heures.

Ils deviennent alors peu propres à ce genre d'expériences par la diminution de la durée de leur vie et la cessation ou la rareté des mouvemens respiratoires. Ce n'est pas qu'ils ne produisent encore de l'acide carbonique, quoique les mouvemens de la respiration cessent : ils en exhalent par la peau, comme je m'en suis assuré.

Je désirais étendre ces expériences à d'autres vertébrés. Je ne cherchais pas d'abord à les répéter sur d'autres espèces de la même famille; la réussite me paraissait devoir être certaine. Les batraciens sur lesquels j'avais opéré pouvaient servir de type pour tous les reptiles, dont la plupart des espèces ne présentent pas des conditions assez favorables pour rendre les résultats aussi manifestes et aussi exempts de complication. J'espérais en obtenir de satisfaisans en prenant les animaux dans la classe des poissons. La difficulté est dans le choix. Ils produisent peu d'acide carbonique, même dans les circonstances les plus favorables; ils varient, en outre, beaucoup pour la

durée de la vie lorsqu'ils sont privés d'oxigène. En général ils vivent peu de temps dans cette condition, surtout au printemps et en été. Leur vitalité éprouve le même genre d'influence de la part des saisons que nous avons exposé en parlant des batraciens. Mes recherches précédentes sur la durée de la vie des poissons dans de l'eau purgée d'air m'avaient appris que l'espèce de poissons rouges connus sous le nom de carpe dorée (*cyprinus aureus*) était la plus convenable pour ce genre d'expériences, puisqu'ils ont la faculté de vivre plus long-temps que les autres poissons d'eau douce dans ce liquide privé d'oxigène. Quoique la saison fût bien peu favorable, puisque c'était au printemps, après avoir fait mes expériences sur les grenouilles, je ne laissai pas de les entreprendre sur cette espèce de poissons : j'en mis deux d'un petit volume dans un vase semblable à celui que j'ai décrit plus haut, et contenant de l'hydrogène pur. Les poissons étaient soutenus, de même que la grenouille, par un diaphragme de fil de fer. Un autre de même grandeur fut placé dans un vase de même forme, mais plus petit.

Les individus, dans l'un et l'autre vase, firent des mouvemens respiratoires qui consistent, comme on sait, dans le battement des opercules ; mais ces mouvemens étaient plus faibles que dans l'eau aérée ou dans l'air, moins fréquens, moins réguliers. L'expérience dura 5 h. 5'; l'un des poissons donnait encore des mouvemens respi-

ratoires. Ils avaient cessé chez les autres. Les poissons ont, comme les batraciens, la faculté de vivre assez long-temps après la cessation des mouvemens respiratoires; de sorte que je ne retirais pas les individus dès que je ne voyais plus de mouvemens.

En faisant l'analyse d'une portion de l'air respiré par les poissons, dans l'un et dans l'autre vase, je reconnus qu'ils avaient produit de l'acide carbonique dans l'hydrogène.

Après avoir obtenu ce résultat avec des animaux pris dans deux classes de vertébrés, je ne doutais pas que le phénomène ne fût général, quoique je ne l'eusse pas vérifié sur les autres. Mais s'il était difficile de faire la même épreuve sur des animaux à sang chaud, je pouvais la tenter sur des classes plus éloignées, en descendant dans l'échelle des êtres, et soumettre à l'expérience des individus pris parmi les animaux sans vertèbres.

C'était le cas de répéter les expériences de Spallanzani sur des limaçons. Je pris la même espèce, l'*helix pomatia*, le limaçon des vignes; j'en introduisis deux dans le grand ballon tubulé, renfermant 147,5 cent. d'hydrogène. Il faut avoir le soin de les prendre lorsqu'ils sont bien retirés dans leur coquille, ou de les y faire rentrer pour ne pas laisser d'air entre leur corps et cette enveloppe.

Placés dans le ballon et soutenus par le diaphragme de fil de fer, ils ne se pressèrent pas de

sortir de leur coquille; mais ils ne tardèrent pas beaucoup à se développer et à se porter au dehors, et même à se promener dans le vase. Ce qu'il y avait de remarquable dans cette expérience, c'est sa longue durée : quoiqu'elle fût faite au mois d'avril, on les voyait, 24 h. après leur introduction, se montrer au dehors et se mouvoir dans le ballon, comme s'ils eussent été dans l'air atmosphérique. Ce n'est pas que ces mouvemens fussent continuels; ils ne le sont pas même à l'air. Je les laissai dans l'hydrogène l'espace de 48 h., et quoiqu'ils fissent alors peu ou point de mouvemens, ils n'avaient pas cessé de vivre.

La mesure du volume de l'air avant et après l'expérience montrait par son augmentation qu'il y avait eu exhalation de gaz. La nature d'une portion de ce gaz ne pouvait pas être douteuse d'après tout ce que nous avons rapporté précédemment : aussi l'analyse nous fit-elle reconnaître la présence de l'acide carbonique, ainsi que Spallanzani l'avait avancé. La longue durée de l'expérience, pendant laquelle ces animaux montraient assez d'activité pour que je pusse croire que la fonction d'exhalation n'avait pas été trop entravée, me faisait espérer une proportion considérable d'acide carbonique, relativement à leur volume.

Spallanzani n'avait pas indiqué les conditions de l'expérience, et s'était borné à donner la proportion d'acide carbonique relative à l'hydrogène em-

ployé, sans rappeler la quantité absolue que les limaçons avaient exhalée. La détermination de cette quantité, afin d'établir une comparaison entre elle et le volume du corps, étant un point d'une grande importance, j'eus soin de ne pas négliger ce rapport. Je ne fus pas trompé dans mon attente relativement à la grande proportion d'acide carbonique. Je trouvai dans l'hydrogène respiré 2,79 centil. d'acide carbonique; ce qui, est à-peu-près équivalent à leur volume. J'obtins un résultat semblable en répétant l'expérience.

Relativement aux espèces que nous avons mises en expérience, il est indubitable qu'elles produisent de l'acide carbonique, en respirant un gaz dépourvu d'oxigène; que cet acide carbonique n'est pas dû à une quantité de ce gaz contenu dans la cavité des organes respiratoires avant l'expérience, ou à l'oxigène qu'ils peuvent renfermer; par conséquent qu'il n'est pas formé de toutes pièces dans l'acte de la respiration, par la combinaison de l'oxigène de l'air inspiré avec le carbone du sang, mais qu'il est le produit de l'exhalation.

Supposons maintenant que je me fusse arrêté là, dans le choix des espèces soumises à l'expérience, pour la solution de la question que je m'étais proposée; faudrait-il aussi borner à ces mêmes espèces le phénomène qu'elles présentent?

On sera, je pense, disposé à appliquer aux au-

tres reptiles les résultats des expériences faites sur les grenouilles, et à faire de semblables concessions relativement aux poissons en général, et aux animaux invertébrés. Il en résulterait déjà une grande généralité du phénomène de l'exhalation de l'acide carbonique dans la respiration, puisqu'il embrasserait les vertébrés à respiration aérienne, les vertébrés à respiration aquatique et les animaux désignés sous le nom d'invertébrés. Cependant il est des personnes qui ne voudront pas l'étendre plus loin, qui résisteront à l'analogie qui nous porterait à l'admettre chez les mammifères et les oiseaux; et cela, parce que ce sont des animaux d'un ordre supérieur, et qu'ils se distinguent de ceux sur lesquels avons expérimenté par la grande quantité de chaleur qu'ils produisent. Je me contenterai d'observer que le phénomène de respiration dont il s'agit est tellement fondamental dans les fonctions de l'économie animale, que l'on ne peut supposer qu'il soit essentiellement différent chez les mammifères et les oiseaux d'une part, et de l'autre chez le reste des animaux; que la faculté de produire de la chaleur existe chez tous; qu'elle ne diffère que du plus ou du moins; que la température élevée qui semble caractériser les mammifères et les oiseaux ne leur appartient pas exclusivement, puisqu'on en trouve des exemples chez les insectes; que, d'ailleurs, la classe des mammifères eux-mêmes renferme des espèces qui présentent, à de certaines époques,

les phénomènes principaux des vertébrés à sang froid : tels sont les mammifères hybernans dans les saisons de l'automne et de l'hiver ; enfin qu'un grand nombre de mammifères non hybernans et d'oiseaux, dans les premiers temps de leur existence, se comportent, sous le rapport des phénomènes de la chaleur, comme des animaux à sang froid, ainsi que je l'ai exposé précédemment. Je fais ces observations dans l'intérêt de la science en général, parce qu'il est des cas nombreux où des phénomènes physiologiques ne pourraient être constatés que sur de certaines espèces, les autres ne pouvant se prêter aux conditions d'expérimentation nécessaires pour obtenir des résultats rigoureux ; et que, si on se refusait à l'analogie qui en dérive, nous pourrions rester à jamais dans une parfaite ignorance de beaucoup de faits du plus haut intérêt dans l'étude de l'économie animale. J'ai cru devoir insister un moment sur les raisons propres à nous faire admettre chez les vertébrés à sang chaud le phénomène de l'exhalation d'acide carbonique dans la respiration, d'après les résultats que nous avons obtenus sur des reptiles, des poissons et des mollusques. Cependant je n'ai pas voulu m'y borner, non que j'eusse des doutes sur la validité de ces raisons, mais pour donner une satisfaction complète par des preuves directes, si je pouvais y parvenir. Je l'espérais, en profitant de la faculté qu'ont certaines espèces de mammifères nouveau

nés de vivre environ une demi-heure sans le contact de l'air. Ces espèces paraissaient réunir les qualités requises pour le succès de l'expérience. Lorsqu'elles sont privées d'air, les mouvemens respiratoires ne sont pas supprimés, mais ils sont rares. Après deux ou trois minutes les mouvemens volontaires cessent; ils sont remplacés par d'autres qui sont involontaires, et qui consistent dans de fortes inspirations accompagnées de bâillemens, et de flexions du tronc. Ces mouvemens se reproduisent à-peu-près une fois par minute, plus ou moins, suivant les individus; de sorte que, s'ils vivent une demi-heure, ils peuvent fournir environ une trentaine d'inspirations. S'il s'agissait de reptiles, cette courte durée de la vie, ce petit nombre d'inspirations, ne promettraient aucun résultat sensible, parce que leur production d'acide carbonique est toujours faible et que la longueur du temps est, en ce cas, un élément nécessaire pour le succès de l'expérience. Mais des mammifères, quoiqu'ils en produisent moins dans les premiers temps de leur vie que dans un âge plus avancé, ainsi que je l'ai prouvé ailleurs, en fournissent beaucoup plus que les reptiles; ce qui pourrait compenser le défaut dans la durée de l'expérience, et le nombre des inspirations. La petitesse de leurs poumons est un autre avantage, sans lequel, à la vérité, il ne faudrait pas tenter l'expérience. J'en fis l'essai sur un jeune chat de trois ou quatre jours,

âge trop avancé pour donner une grande latitude. J'employai le même appareil avec 146 centilitres d'hydrogène. Il n'exécuta des mouvemens, à différens intervalles, que pendant 19'; ce qui donna, après la cessation des mouvemens volontaires, à-peu-près autant d'inspirations. Je le retirai quatre minutes après; et lorsque l'appareil fut refroidi complètement, je ne laissai pas de trouver, malgré le petit nombre d'inspirations, une quantité très-sensible d'acide carbonique; cette quantité équivalait à 1,96 centil. Or, il s'agissait de la comparer à la capacité des poumons. Je les retirai de l'animal avec la trachée-artère; je les insufflai autant que possible, ce qui les distendit outre la mesure naturelle; j'introduisis l'air qu'ils contenaient dans un tube gradué, en exerçant une pression extérieure. L'air ainsi expulsé ne montait qu'à $\frac{4}{5}$ de centilitre. Or, en supposant que tout l'oxigène de ce volume d'air fût converti en acide carbonique préexistant dans les poumons, ce qui est une supposition exagérée, il n'y aurait eu d'acide carbonique que le cinquième de ce volume d'air, c'est-à-dire, $0^{cent.}$,16, au lieu que nous ayons trouvé dans l'hydrogène respiré $1^{cent.}$,96.

Il s'ensuit que les mammifères exhalent de l'acide carbonique lorsqu'ils respirent de l'hydrogène pur, et qu'ils présentent le même phénomène que les reptiles, les poissons et les mollusques.

La présence de l'oxigène dans l'air respiré n'est donc pas nécessaire à la production de cet acide carbonique. Je ne chercherai pas à établir ce fait sur d'autres preuves ; celles-ci suffisent pour que nous puissions regarder le phénomène comme général.

En l'appliquant au procédé de la respiration dans l'air atmosphérique, tout ce que nous pouvons nous permettre de conclure des expériences précédentes, c'est qu'au moins une partie de l'acide carbonique qui provient de l'exercice de cette fonction n'est pas le résultat de la combinaison directe ou immédiate de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang dans l'inspiration, que l'expiration suivante expulse du corps et mêle à l'air environnant, mais qu'il est le produit de l'exhalation.

Il s'agit maintenant de savoir si ce qui est vrai pour une partie est vrai pour le tout ; car on pourrait admettre les deux modes de formation, une partie exhalée et une autre fabriquée de toutes pièces dans les poumons. J'observerai d'abord que le premier procédé est le seul qui soit appuyé sur des faits positifs ; que l'autre est une hypothèse. Mais il y a moyen de soumettre cette hypothèse à l'épreuve de l'expérience fondée sur la considération suivante.

Si, lorsqu'un animal respire dans l'air atmosphérique, une partie de l'acide carbonique est exhalée et l'autre formée de toutes pièces dans les poumons par la présence de l'oxigène, il s'ensuit

qu'en lui faisant respirer l'hydrogène pur, la quantité d'acide carbonique qu'il y produira sera réduite à celle qu'il exhale, et qu'elle sera moindre que la totalité de l'acide carbonique qui résulterait de sa respiration dans l'air atmosphérique, de toute la portion qu'on suppose fabriquée dans les poumons. Or, s'il fallait s'en tenir à quelques expériences de Spallanzani, la question serait décidée, au moins pour les animaux sur lesquels il a expérimenté. Il a comparé la production de l'acide carbonique par des limaçons, les uns placés dans l'hydrogène, les autres dans l'air atmosphérique, et il a obtenu ce résultat remarquable qu'ils produisaient au moins autant d'acide carbonique dans l'hydrogène que dans l'air atmosphérique. Mais si l'on soupçonnait ce fait d'inexactitude, ou, qu'en l'admettant, on ne voulût pas l'étendre aux animaux des classes supérieures, je donnerai le résultat de recherches que j'ai faites sur des animaux vertébrés. Ici le choix des espèces est plus restreint que dans les expériences précédentes. Là il suffisait pour la détermination du fait que l'animal respirât, n'importe comment, mais pendant un assez long espace de temps pour qu'on pût s'assurer de l'exhalation de l'acide carbonique. Ici, il faut une condition de plus, que l'animal respire avec la même vitesse et la même ampleur dans l'hydrogène que dans l'air atmosphérique; car on sait que le nombre et la grandeur des mouvemens

respiratoires influent beaucoup sur la quantité d'acide carbonique expiré : or, c'est ce qui n'a jamais lieu chez les animaux à sang chaud, quel que soit leur âge ou leur espèce. Il est donc impossible de faire l'expérience sur des individus de ce groupe d'animaux. Il n'y a que les vertébrés à sang froid qui y soient propres : encore le nombre des espèces et les temps où ils ont cette faculté sont-ils très-limités, ainsi que je l'ai expliqué plus haut.

J'avais fait plusieurs séries d'expériences sur la quantité d'acide carbonique produite par la respiration des grenouilles dans l'air atmosphérique dans un temps donné et à des températures diverses. La comparaison de ces résultats avec ceux que j'ai obtenus de la respiration d'individus de même espèce dans l'hydrogène jette un grand jour sur cette question.

A la température de 18°, au mois de juillet 1821, trois grenouilles placées chacune dans un ballon de verre tubulé que j'ai décrit plus haut, contenant 74 centilitres d'air atmosphérique, après un séjour de 24 heures, ont donné, terme moyen, 2,57 cent. d'acide carbonique.

La même expérience répétée sur trois individus de même espèce, au mois d'octobre, l'air étant à 14°, température peu différente de la précédente, a donné, dans le même espace de temps, à-peu-près la même quantité, c'est-à-dire 2,77 centil.

J'observerai d'ailleurs que les résultats de chaque individu diffèrent peu de la moyenne. Si, maintenant, on compare cette production d'acide carbonique dans l'air atmosphérique avec celle que nous avons déterminée dans le cas où ces animaux respirent dans l'hydrogène, nous aurons la conviction qu'il ne s'est pas formé d'acide carbonique dans l'acte de la respiration par la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang.

En effet, nous avons dit plus haut, en parlant de la respiration des grenouilles dans l'hydrogène, que nous avions obtenu une quantité de 2,79 centil. La température était à-peu-près la même; mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que cette quantité d'acide carbonique a été exhalée dans l'hydrogène dans l'espace de 8h. 30'.; tandis que dans l'air atmosphérique nous avons trouvé une quantité semblable au bout de 24 heures. Je n'insisterai pas sur cette différence en faveur de l'exhalation de l'acide carbonique dans l'hydrogène; je me contenterai de conclure de cette comparaison que la quantité d'acide carbonique que ces animaux exhalent dans l'hydrogène, lorsqu'ils sont dans les circonstances favorables, n'est pas inférieure à celle qu'ils produisent dans l'air atmosphérique; que, par conséquent, lorsqu'ils respirent dans l'air atmosphérique, il ne se forme pas sensiblement d'acide carbonique de toutes pièces dans l'acte

de la respiration par la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du sang, mais que le tout est le produit de l'exhalation.

Ce résultat fourni par des grenouilles étant semblable à celui que Spallanzani a obtenu avec des limaçons, nous dispense de la nécessité de répéter son expérience, et ne laisse aucun doute sur son exactitude.

Or, comme le fait dont il s'agit a été vérifié d'une part sur les vertébrés à sang froid, d'autre part sur des mollusques, et que la comparaison ne peut s'établir par des expériences sur des animaux à sang chaud, pour les raisons que j'ai données plus haut, rien ne me paraît s'opposer à ce que nous admettions le principe comme général. Nous sommes donc conduits par ces faits à rejeter cette espèce de compromis, cette opinion mitoyenne, suivant laquelle l'acide carbonique provenant de la respiration serait en partie exhalé et en partie formé de toutes pièces dans l'acte de la respiration.

Comme les mêmes expériences qui ont fourni les faits dont j'ai déduit cette conclusion servent aussi à vérifier un autre ordre de phénomènes relatifs à la respiration, exposés dans le paragraphe précédent, je ne puis négliger cette occasion de donner de nouvelles preuves à l'appui de ce que j'ai avancé alors.

J'ai été conduit par les faits que j'ai exposés dans ce paragraphe à conclure que, lorsqu'un animal respire dans l'air atmosphérique, il exerce deux

fonctions relatives à l'azote dans l'acte de la respiration : par l'une, il exhale de l'azote; par l'autre, il en absorbe; que l'exhalation de l'azote est une fonction constante dans quelque gaz qu'il respire, jusqu'à ce que la source de l'azote dans l'économie animale soit tarie; que l'absorption est également une fonction constante, mais, ce qui est évident, c'est qu'elle ne peut s'exercer relativement à l'azote que lorsqu'il y en a dans l'air respiré, comme dans l'air atmosphérique; que pour m'assurer si en effet les deux fonctions s'exerçaient à la fois, je m'étais proposé de faire respirer des animaux dans un air factice composé d'oxigène et d'hydrogène, dans des proportions telles que l'hydrogène représentât l'azote dans l'air atmosphérique. Dans ce cas, il devait résulter une exhalation manifeste d'azote dans une proportion considérable, parce que l'animal ne trouvant pas d'azote dans l'air factice, aucune absorption de ce gaz ne pouvait masquer les effets de l'exhalation; d'autre part, au lieu d'azote, il devait absorber de l'hydrogène, puisqu'il existait en grande proportion dans le gaz respiré. J'avais renoncé pour le moment à donner suite à ce projet d'expériences, parce que j'avais trouvé dans les travaux de MM. Allen et Pepys sur la respiration, une expérience de cette espèce faite avec tous les soins nécessaires pour en assurer l'exactitude, mais qui n'avait pas été faite dans cette vue.

C'est, en effet, ce qui résulte de l'expérience de MM. Allen et Pepys; et quoiqu'elle fût unique, je ne laissai pas de la regarder comme concluante. Cependant lorsque j'entrepris la série d'expériences sur l'exhalation de l'acide carbonique dans l'hydrogène qui fait le sujet de ce paragraphe, je saisis l'occasion de vérifier le fait précédent, en analysant sous d'autres rapports que celui de l'acide carbonique l'hydrogène respiré. Je n'en parlerai que sommairement, ces faits étant relatifs à un sujet que j'ai déjà traité. Le résultat fut au-delà de mon attente : je trouvai dans l'hydrogène respiré une quantité considérable d'azote, dans une proportion au moins de cinq ou six pour cent, et quelquefois bien au-delà; de sorte que la quantité d'azote exhalée surpassait de beaucoup le volume des animaux. L'absorption d'hydrogène n'était pas moins considérable.

Après m'en être assuré par moi-même, je répétai une série d'expériences semblables avec M. Barruel, préparateur de chimie de la Faculté des Sciences. Nous les fîmes sur des chats nouveau nés, des grenouilles et des limaçons, avec le même résultat.

Je n'insisterai pas sur ces données, qui confirment celles sur lesquelles je me suis fondé précédemment; je dirai seulement qu'à cause de l'absorption d'hydrogène qui tend à égaler la quantité d'azote exhalée, il n'y a pas une grande différence dans le volume du gaz avant et après l'expérience.

Reprenons les expériences dans l'hydrogène. Nous avons constaté que les animaux y exhalent de l'acide carbonique. D'où vient ce gaz? Nous ne le voyons pas; ces expériences ne prouvent que le fait de l'exhalation, et non sa source.

L'exhalation de l'acide carbonique, quand un animal est placé dans l'hydrogène, peut s'interpréter de deux manières différentes.

On peut dire qu'il provient du sang, source de toutes les sécrétions, de quelque manière qu'on envisage leur mécanisme; ou l'on peut supposer qu'il provient uniquement de l'air dont les tissus seraient imprégnés.

Il est évident que cette dernière interprétation est possible; mais je crois qu'il est également évident qu'une pareille explication n'est pas fort satisfaisante. Je place un animal dans l'hydrogène, et lorsque les conditions sont convenables, on le voit exécuter des mouvemens respiratoires avec la même ampleur et la même fréquence que s'il était dans l'air atmosphérique. Cet animal est un vertébré à respiration aérienne; il inspire et expire alternativement le gaz dans lequel il est placé, comme si c'était de l'air atmosphérique; ce gaz se charge d'acide carbonique, et l'on doit croire que, lorsqu'il est dans l'hydrogène, il n'en produit pas de la même manière que lorsqu'il est dans l'air atmosphérique; que sa peau, qui en fournit aussi dans l'un et l'autre gaz, n'en fournit pas de la même manière; que ses tissus

sont imprégnés de ce gaz, qu'il dégage dès qu'il est en contact avec l'hydrogène; mais que, placé dans de l'air atmosphérique, il le retient en entier, et cependant qu'il produit une quantité plus ou moins équivalente de ce gaz par le contact de l'oxigène avec le sang à la surface du corps.

Je crois qu'il suffit d'exposer la conséquence de la seconde interprétation du phénomène de l'exhalation de l'acide carbonique dans l'hydrogène pour qu'on répugne à l'admettre; et l'on sera, je pense, disposé à adopter l'autre explication si naturelle que lorsqu'un animal respire dans de l'hydrogène, et qu'il y exhale de l'acide carbonique, il le produit de la même manière que lorsqu'il respire dans l'air atmosphérique.

On ne fait aucune difficulté d'admettre que l'azote qui s'exhale dans l'hydrogène et dans l'air atmosphérique a la même origine : pourquoi ne feraiton pas de même pour l'acide carbonique?

Nous conclurons que dans l'air atmosphérique, l'acide carbonique est dû à l'exhalation, et qu'il provient en tout ou en partie du sang. Nous voilà arrivés aux sécrétions.

En rapportant l'acide carbonique expiré à un produit du sang, il se présente ici la question de savoir s'il s'en trouve de tout formé dans la circulation générale, ou s'il ne se produit que dans les poumons et la peau, d'où il s'exhalerait à mesure.

Il est des faits bien avérés qui prouvent qu'il

en existe dans la masse du sang : tels sont les résultats obtenus par MM. Vauquelin, Vogel, Brande et sir Everard Home. Les expériences de M. Vauquelin ne sont pas, que je sache, publiées; mais je sais que depuis nombre d'années, il fait voir dans ses cours que du sang placé dans de l'hydrogène dégage de l'acide carbonique.

Or, ces faits tendent à confirmer la conclusion des expériences précédentes, relativement à l'exhalation de l'acide carbonique, et concourent avec les recherches de MM. Prévost et Dumas, à nous faire envisager plusieurs sécrétions d'une manière différente de ce qu'on avait fait avant eux.

Nous dirons donc que l'acide carbonique expiré est une exhalation qui provient en tout ou en partie de l'acide carbonique contenu dans la masse du sang.

§ V. *Vue générale des Altérations de l'air dans la respiration.*

Ayant successivement examiné les principaux points relatifs aux altérations de l'air dans la respiration, nous sommes arrivés à l'époque où nous pouvons présenter une vue générale de cette fonction.

L'oxigène qui disparaît dans la respiration de l'air atmosphérique est absorbé en entier. Il

est ensuite porté en tout ou en partie dans le torrent de la circulation.

Il est remplacé par une quantité plus ou moins semblable d'acide carbonique exhalé, qui provient en tout ou en partie de celui qui est contenu dans la masse du sang.

En outre, l'animal respirant de l'air atmosphérique absorbe de l'azote; cet azote est porté en tout ou en partie dans la masse du sang.

L'azote absorbé est remplacé par une quantité plus ou moins équivalente d'azote exhalé qui provient en tout ou en partie du sang.

Voilà quatre points fondamentaux:

1°. L'absorption de l'oxigène qui disparaît;

2°. L'exhalation de l'acide carbonique expiré;

3°. L'absorption d'azote;

4°. L'exhalation d'azote. Les deux premiers relatifs à l'oxigène, soit pur, soit combiné; lesdeux autres à l'azote.

On voit par là que le jeu de cette fonction est beaucoup plus compliqué qu'on ne l'avait pensé; que son importance est considérablement accrue, et qu'il doit résulter des diverses modifications de ces phénomènes principaux une multitude de rapports.

Suivant cette vue, la respiration n'est plus un procédé purement chimique, une simple combustion dans les poumons, où l'oxigène de l'air inspiré s'unirait au carbone du sang, pour former de l'acide carbonique qui serait expulsé

aussitôt; mais une fonction composée de plusieurs actes : d'une part, l'absorption et l'exhalation, attributs de tous les êtres vivans; d'autre part, l'intervention des deux parties constituantes de l'air atmosphérique, l'oxigène et l'azote.

Cette vue n'est pas une idée préconçue; mais un résultat auquel nous avons été successivement conduits par une foule de faits.

Elle nous présente les êtres animés, puisant dans la composition de l'atmosphère deux principes constitutifs de leur économie.

Elle nous fournit de nombreuses déductions dont plusieurs sont déjà appuyées sur les faits qui font partie de la science.

Ainsi l'oxigène qui disparaît étant absorbé et l'acide carbonique exhalé, les proportions relatives sont nécessairement variables, par la nature des deux fonctions, qui doivent varier dans la mesure de leur action. Le fait est maintenant hors de doute. Elles pourraient même varier de trois manières : 1°. l'acide carbonique serait expiré en moindre quantité que l'oxigène qui disparaît; 2°. en quantité égale; 3°. en excès. Le premier est le cas ordinaire; le second est appuyé sur les résultats d'Allen et Pepys; le troisième, s'il n'est pas encore constaté, le sera probablement dans la suite. Je pourrais même dire qu'il l'est déjà; en renvoyant à l'expérience de MM. Allen et Pepys, relative à la respiration dans l'air factice,

composé d'oxigène et d'hydrogène. La même observation a lieu relativement à l'azote absorbé et à l'azote exhalé; l'excès, l'égalité, le défaut de l'azote expiré, relativement à l'azote inspiré. Les faits à l'appui de cette déduction sont consignés dans le 2° et le 3° paragraphe de ce chapitre.

Reprenons l'oxigène, et considérons ce qu'il devient dans l'économie, autant que nous le pouvons dans l'état actuel de la science.

Lorsqu'il est absorbé et porté dans la masse du sang, tout nous fait croire qu'il contribue à la formation de l'acide carbonique.

Mais des expériences que j'ai exposées plus haut prouvent qu'il ne peut pas être la seule source du gaz contenu dans le sang.

Puisque nous avons fait voir que certaines espèces peuvent exhaler dans un temps donné autant d'acide carbonique dans l'hydrogène que dans l'air atmosphérique, il y a donc une ou plusieurs sources subsidiaires de l'acide carbonique contenu dans le sang. Il est facile d'en indiquer une. On sait, d'après les recherches de Jurine, de MM. Chevreul et Magendie et d'autres, que ce gaz existe dans presque toute l'étendue du canal digestif. On ne peut refuser d'admettre qu'il s'en forme dans le travail de la digestion. En contact avec presque toute la surface muqueuse du canal digestif, une partie de ce gaz doit être absorbée. Si l'on en doutait, je citerais des cas où de l'eau imprégnée d'acide carbonique et bue en quantité suffisante, a produit des

symptômes d'asphyxie. Le docteur Desportes a communiqué des observations à ce sujet à l'Académie royale de médecine.

Quant à l'oxigène qui contribuerait à former l'acide carbonique contenu dans la masse du sang, il doit arriver de deux choses l'une : il entre en combinaison ou subitement ou lentement. Dans le dernier cas, il y aura de l'oxigène en excès, circulant dans la masse du sang. Cet oxigène libre sera donc à la disposition de l'exhalation qui aura lieu dans les organes propres à lui livrer passage : c'est ce qui a lieu chez les poissons, dans la vessie natatoire desquels on trouve de l'oxigène. Je me propose de poursuivre ce sujet en m'occupant avec M. Dumas de l'examen des gaz contenus dans les diverses espèces de sang, sous le rapport de leur nature et de leur quantité.

CHAPITRE XVII.

Applications.

Nous avons successivement examiné l'influence de divers agens physiques sous leurs principaux rapports.

Nous avons étudié leurs actions simples et un grand nombre de leurs actions combinées; les modifications de leur influence, selon qu'ils agissent sur des constitutions diverses, et réciproquement leur tendance à produire des changemens dans ces constitutions.

J'ai indiqué, dans la quatrième partie de cet ouvrage, quelques-unes des applications qui découlent des faits généraux que nous avons constatés. Je ne pouvais les indiquer toutes, ni m'étendre sur celles que j'ai présentées, sans passer les bornes de cet ouvrage et en changer la nature.

Cette indication suffit dans un grand nombre de cas; quelques-unes des conséquences que je n'ai pas déduites s'offriront naturellement à l'esprit; d'autres ne seront aperçues que lorsqu'on se donnera la peine de méditer les faits généraux qui servent de principes. Prenons d'abord pour exemples quelques faits relatifs à la faculté de produire la chaleur.

Nous avons fait voir qu'elle pouvait varier beaucoup chez le même individu dans l'état de santé ; à plus forte raison devons-nous nous attendre à ce qu'il en soit ainsi dans l'état de maladie. Déduisons de faits précédemment exposés ce qui pourrait arriver dans les cas où la faculté de produire de la chaleur serait réduite au-dessous du type de la santé. Il en résulterait une variété d'affections, suivant la diversité des constitutions et le degré de diminution dans la faculté de produire de la chaleur.

§ Ier. Il y a deux formes principales sous lesquelles cet état se présente, ainsi que nous l'avons précédemment exposé : une diminution successive dans l'activité des principales fonctions, d'où résulte la torpeur ; ou, au contraire, une augmentation dans la vitesse des mouvemens de la respiration et de la circulation. Le premier cas est celui des animaux hybernans ; le second celui des animaux à sang chaud non hybernans. Sans entrer dans l'examen des conditions qui déterminent l'une ou l'autre forme, une foule de raisons nous portent à croire qu'elles peuvent avoir lieu chez des individus adultes, de quelque classe qu'ils soient, parmi les animaux à sang chaud. Il y a une trop grande diversité de structure chez les animaux à sang chaud hybernans pour croire qu'il n'y ait qu'une organisation spéciale qui soit susceptible de présenter les mêmes phénomènes. La structure influe sans doute sur le plus ou moins de facilité

avec laquelle cet état se produit et la durée dans laquelle il peut avoir lieu; mais il ne paraît pas qu'aucune organisation en soit absolument incapable. Les constitutions peuvent tellement changer par un concours de circonstances et la continuité de leurs actions, qu'un pareil changement chez des animaux que l'on n'a pas encore observés dans cet état n'est nullement impossible. Les espèces, parmi les animaux à sang chaud, connues pour être hybernantes, ne le sont pas nécessairement. Elles peuvent cesser de l'être. Il est des individus appartenant à ces espèces, qui ne s'engourdissent pas dans la saison de l'hybernation : c'est ce qu'on observe souvent dans l'état de domesticité. Il suffit en ce cas que leur faculté de produire de la chaleur se soit accrue; faculté susceptible, chez tous ces animaux, de varier dans des limites très-éloignées. On peut même, chez quelques-uns d'entre eux, produire ce changement à volonté par une nourriture convenable, et une température graduée.

Qu'on ne croie pas d'ailleurs que les phénomènes principaux de l'hybernation, chez les animaux qui en sont habituellement susceptibles, ne soient déterminés que par un certain abaissement de la température extérieure. J'ai observé, sur plusieurs de ces animaux, que le sommeil en été réduisait beaucoup leur température, que leur respiration diminuait de même, et qu'ils devenaient engourdis : seulement leur torpeur n'était pas

aussi profonde que dans d'autres circonstances. Cet effet du sommeil naturel est tellement lié à la faculté de produire de la chaleur, qu'il est en général d'autant plus marqué que cette faculté est moindre. Aussi est-elle très-prononcée dans les chauves-souris et les lérots, chez qui la fonction qui préside au dégagement de la chaleur est plus faible que chez la plupart des mammifères hybernans. Quoique cette modification de fonction soit essentielle à la production du phénomène, je suis loin de prétendre qu'elle seule soit toujours suffisante. L'état qui caractérise l'hybernation peut avoir lieu, et a lieu en effet, sans qu'il soit amené par un abaissement de température extérieure, et il est facile de le concevoir. L'influence du froid extérieur est relative à la faculté de produire de la chaleur : elle est d'autant plus grande que celle-ci est moindre, et réciproquement. La température de l'été, quoique très-élevée, est ordinairement bien inférieure à la chaleur habituelle aux mammifères et aux oiseaux. Les individus chez qui la faculté de développer de la chaleur est faible, subiront en été un refroidissement en rapport avec la diminution de cette faculté : c'est ce qui a lieu lorsqu'ils s'endorment. Remarquons bien que leur sommeil, à cette époque, n'étant pas déterminé par les conditions extérieures, mais par la suite nécessaire de la veille, il est parfaitement naturel. Or, comme l'observation précédente est relative à des mammifères

appartenant à des genres différens, et que la liaison des deux phénomènes y est extrêmement prononcée, nous en déduirons que l'état du sommeil naturel est en général accompagné d'une diminution dans la faculté de produire de la chaleur. Je dis sommeil *naturel*, pour désigner l'état le plus ordinaire; car il peut y survenir des modifications qui changent ce rapport.

Ayant déduit cette liaison de phénomènes de l'observation, nous en suivrons les conséquences. Puisque la faculté de produire de la chaleur est diminuée dans le sommeil naturel, il s'ensuit que les causes extérieures de refroidissement, soit celles qui soustraient la chaleur développée, soit celles qui en diminuent le développement, doivent avoir plus de prise sur l'économie animale pendant cet état; d'où l'on voit qu'un air humide et froid, ou un air sec et vif, que l'on supporte sans inconvénient pendant la veille, même sans le secours de l'exercice, pourra être nuisible pendant le sommeil.

Nous ajouterons que l'effet de l'exposition au froid pendant le sommeil est nécessairement variable, d'après le même principe. Il varie suivant la diminution de la faculté de produire de la chaleur.

Le sommeil naturel, chez plusieurs espèces d'animaux hybernans, mérite la dénomination de *sommeil léthargique*, par la diminution notable de leur température, de la respiration et de la

circulation, des mouvemens extérieurs et de l'excitabilité des sens : seulement il diffère en intensité suivant les individus et les espèces.

Nous avons fait connaître la modification de la constitution qui influe le plus sur ce rapport ; de sorte que l'on concevra facilement qu'il puisse survenir chez l'homme des changemens à cet égard qui rendent son sommeil léthargique. Je dis *sommeil*, pour ne pas confondre cet état avec d'autres où les mêmes symptômes peuvent se présenter, mais qui sont amenés par des causes bien différentes, comme un épanchement dans le cerveau, une forte commotion du système nerveux, la privation d'air, les gaz délétères, etc.

Quoiqu'on ne puisse pas douter que tout changement dans la constitution ne corresponde à un changement dans l'état des organes, le sommeil dont nous parlons ne suppose pas nécessairement une altération sensible des organes, comme celles qui font l'objet de l'anatomie pathologique : ce que j'ai dit ailleurs à l'occasion des animaux hybernans en est une preuve suffisante. Des considérations déduites des faits rapportés dans cet ouvrage m'ont fait admettre que le sommeil léthargique pouvait avoir lieu chez l'homme.

Je n'entreprendrai pas de rapporter les observations consignées dans les annales de la médecine à l'appui de ce que j'avance; on les a souvent regardées comme fabuleuses, moins parce qu'elles n'étaient pas revêtues d'un caractère au-

thentique que parce qu'on ne concevait pas le phénomène, et qu'il répugnait aux idées qu'on s'est formées de la constitution de l'homme. Non-seulement les considérations précédentes m'ont convaincu que, dans les récits de cette espèce, il devait y en avoir de vrais, mais encore, un cas qui est venu à ma connaissance aurait suffi pour ne m'en laisser aucun doute. Il ajouterait peu aux faits que d'autres ont rapportés; il me suffit d'avoir montré que si le phénomène est rare chez l'homme, il n'est pas hors des combinaisons de sa nature.

§ II. Nous avons indiqué un autre ordre de phénomènes qu'on observe chez des animaux à sang chaud dont la production de chaleur est faible. Nous avons vu que dans les premiers temps de la vie cette constitution est commune à tous; qu'ils diffèrent entr'eux par le degré d'énergie de cette faculté, de manière à former deux groupes dans chaque classe des vertébrés à sang chaud. Ceux qui produisent le moins de chaleur se trouvent ordinairement dans des conditions extérieures qui y suppléent et qui entretiennent leur santé; mais dès qu'on les y soustrait, ils présentent cette série de symptômes; un sentiment vif de froid ou un abaissement appréciable de la température du corps, avec une accélération de la circulation et de la respiration. Nous avons prouvé que ces symptômes proviennent de ce qu'ils ne produisent pas assez de chaleur, et que la température extérieure ne supplée pas à ce dé-

faut, quoiqu'ils soient exposés à l'air chaud de l'été ou du printemps.

Le froid et le tremblement dont ils sont saisis, malgré la chaleur de la saison, le mouvement accéléré de leur respiration et de la circulation, présentent une image si vive de l'accès en froid d'une fièvre intermittente, qu'on est conduit à admettre une liaison entre ces deux ordres de phénomènes. En effet, nous savons que ces jeunes animaux présentent ces symptômes parce que leur faculté de produire de la chaleur est faible : or, si cette faculté chez l'homme venait à décroître dans une proportion suffisante, il est tout naturel qu'il en puisse résulter les mêmes phénomènes principaux. Il s'agit maintenant de savoir si cette fonction chez l'homme est réellement altérée de cette manière dans l'accès froid. D'abord le sentiment vif de froid qu'il éprouve est une forte présomption en faveur de cette opinion, quelle que soit d'ailleurs la température de son corps, phénomène que nous examinerons ensuite. Mais il est des faits qui le prouvent jusqu'à l'évidence. Si, dans cet état, on soumet le malade à une affusion froide, on produit un tel refroidissement qu'on peut le mettre, suivant l'intensité de l'accès, en danger de mourir. C'est ce qu'a observé le docteur Currie, à qui nous devons des expériences très-intéressantes sur l'usage des affusions froides, et qui prévient les médecins contre l'imprudence de pareilles tentatives. Remarquons

que l'exposition à une température relativement basse, ou l'application du froid est précisément le moyen que nous avons employé dans le cours de cet ouvrage pour juger de la faculté de produire la chaleur chez divers animaux, et que nous devons tirer la même conclusion de l'emploi de ce moyen dans le cas actuel.

Passons maintenant à la considération de la température du corps. La respiration et la circulation n'ont plus leur rhythme habituel; les mouvemens en sont plus précipités. J'ai consigné, dans le dixième chapitre de la quatrième partie, les recherches que j'ai faites pour déterminer l'effet de ces mouvemens accélérés au-delà du type de la santé sur la température du corps. Nous y voyons que ces efforts extraordinaires tendent plus ou moins à rétablir la chaleur du corps, suivant que les moyens employés par l'animal, dans l'état de santé, pour produire de la chaleur sont plus ou moins faibles; qu'il résulte de ces efforts extraordinaires des états différens de la température du corps; qu'elle peut baisser ou rester stationnaire, ou s'élever au-dessus du point de départ.

Nous prendrons les cas favorables, ceux où l'accélération de la respiration et de la circulation reproduit assez de chaleur. Si les mouvemens qui l'ont développée n'ont pas été trop désordonnés, il viendra un temps où ils cesseront, par cela même que la cause qui les avait fait naître ne subsiste plus, de même que nous faisons cesser le

même appareil de symptômes chez les jeunes animaux qui nous ont servi d'exemples en leur fournissant une chaleur convenable; car la chaleur extérieure supplée, dans un grand nombre de cas, ainsi que nous l'avons fait voir précédemment, au défaut de production de chaleur.

On pourrait croire que la cessation de l'accès dont nous avons parlé ne devrait être que momentané, et qu'elle ne peut se prolonger au-delà du temps qu'il faut pour que la chaleur se dissipe; mais nous avons fait voir, au chapitre III, 4ᵉ partie, que l'application de la chaleur dans les cas où l'économie n'en développe pas assez, produit des effets qui se prolongent plus ou moins au-delà du temps de cette application, en augmentant la faculté de produire la chaleur par les moyens ordinaires à la santé; distinction extrêmement importante; car l'énergie de ces moyens ne se mesure pas, dans ce dernier cas, par l'activité plus ou moins grande des mouvemens de la respiration et de la circulation, comme nous l'avons fait voir précédemment.

Il y aura donc une intermission plus ou moins longue, suivant le degré auquel la faculté de produire de la chaleur aura été lésée.

Les cas extrêmes de cette intermission se trouvent, d'une part, dans le rétablissement de la santé par un seul accès; d'autre part, dans les fièvres intermittentes *algides*, décrites par Torti, où cette faculté est tellement lésée, que le malade

meurt dans la période de froid, au bout de deux ou trois accès, si l'on n'emploie pas les moyens convenables.

§ III. Puisque l'application de la chaleur extérieure tend à ranimer la faculté de la produire, on pourra substituer ce moyen aux efforts extraordinaires de l'économie, qui tendent au même but. On pourra le faire, soit pour les prévenir, soit pour en diminuer la durée.

Ce moyen aura plus ou moins de succès, suivant la mesure et le mode d'application et la gravité du cas. On en verra un exemple frappant dans l'emploi du bain de vapeur par M. Chomel, pour un cas de fièvre intermittente. (*Nouv. Journ. de Médecine,* t. x, p. 270.) Ce mode d'application de la chaleur a un avantage remarquable sur plusieurs autres, qu'on saisira facilement en se rappelant les faits exposés chapitre VIII, 4e partie. Comparons, par exemple, les effets d'un bain liquide et ceux d'un bain de vapeur, portés l'un et l'autre à une haute température. On supportera d'autant mieux la chaleur que l'on trouvera plus de ressource dans l'action vivifiante de l'air. Dans le bain liquide, l'action de l'air est supprimée sur presque toute l'étendue de la peau; dans le bain de vapeur, au contraire, elle est en rapport avec toute sa surface; de sorte que, toutes choses égales d'ailleurs, on supporte beaucoup plus long-temps la chaleur de la vapeur que celle de l'eau.

En général, quelle que soit la température de l'eau liquide, un des effets du bain résulte de la diminution des rapports de l'air avec l'économie : aussi y a-t-il beaucoup de personnes qui éprouvent une gêne dans la respiration qui dépend essentiellement de cette cause. Il en est de même de l'affaiblissement qui résulte d'un séjour prolongé dans l'eau, et l'on conçoit que ces effets varieront chez les divers individus, suivant que la respiration pulmonaire aura plus ou moins d'étendue. (*Voyez* chapitre IV, § II, 1re partie.)

Je n'ai parlé de l'application de la chaleur comme moyen curatif, dans les fièvres intermittentes, que parce qu'elle dérive de la connaissance des faits constatés dans le cours de cet ouvrage. Les autres moyens qui réussissent d'une manière plus générale et plus sûre appartiennent à un autre ordre de recherches ; ils sont cependant liés à celles-ci par un principe commun, et nous nous en occuperons peut-être un jour. Il nous suffit d'avoir indiqué la connexion de ces phénomènes de chaleur animale ; nous n'ajouterons qu'une seule observation relative aux conditions extérieures qui modifient la constitution de manière à amener le développement des symptômes fébriles qui nous occupent.

§ IV. Dans nos recherches sur le refroidissement dans l'air sec et l'air humide (chap. XIV, § V, 4e partie), nous avons vu que ces deux modes de refroidissement étaient différens ; mais qu'ils

tendaient, dans un grand nombre de cas, à produire le même effet physique, c'est-à-dire, le même abaissement de la température du corps. Il est évident que le refroidissement dans l'air sec est produit par une plus grande évaporation; mais le mode de refroïdissement dans l'air humide n'est pas aussi manifesté. Nous avons observé que les physiciens n'avaient pas déterminé les quantités relatives de chaleur enlevées au contact par l'air sec et par la vapeur aqueuse; mais quel que soit le résultat de pareilles recherches, il ne fournira pas tous les élémens nécessaires pour expliquer le mode de refroidissement des animaux dans l'air humide; car, en supposant que l'on constate que la vapeur aqueuse enlève au contact plus de chaleur que l'air sec, on concevra, à la vérité, que ce mode de refroidissement physique puisse équivaloir, dans un grand nombre de cas, à celui qui résulte d'une plus grande évaporation dans l'air sec; mais l'observation du refroidissement dans l'un et l'autre cas fait voir qu'il y a un autre élément. Dans les expériences citées plus haut, lorsque l'abaissement de la température du corps était le même de part et d'autre, ou même plus grand dans l'air sec, les animaux me paraissaient souffrir davantage dans l'air humide : j'en jugeais par le tremblement et l'accélération de la respiration. Je sais que de pareils signes ne fournissent pas des moyens rigoureux d'appréciation; mais ces indices m'ont

porté depuis long-temps à donner une attention particulière aux sensations respectives que l'air sec et l'air humide produisaient sur moi-même et sur d'autres par un temps froid.

L'air humide, à température égale ou supérieure, produit une sensation spéciale de froid qui diffère, non par son intensité, mais par sa nature. Elle est aussi plus profonde; elle paraît pénétrer toute l'économie, et dispose particulièrement à la pâleur et au tremblement. A ces caractères, je n'ai pu méconnaître un genre de refroidissement qui consiste dans la diminution de la faculté de produire de la chaleur.

Dans l'air sec, au contraire, on éprouve une sensation qu'on appelle *froid vif*, et qui désigne plutôt la nature que le degré de la sensation; de plus, elle est superficielle, et lorsque l'abaissement de la température n'est pas trop grand, on éprouve un surcroît d'activité; la peau rougit; et dans les cas extrêmes, les membres tendent à se roidir, au lieu de céder à ces mouvemens irréguliers et involontaires qui constituent le tremblement.

On voit, par cette comparaison et par ce que nous avons exposé plus haut, que le froid humide doit tendre à produire, chez les individus dont la faculté de développer la chaleur est peu énergique, la série de mouvemens qui constitue l'accès d'une fièvre intermittente, surtout s'ils sont exposés à cette influence pendant leur sommeil. (*Voyez* ci-dessus, p. 474.) On en trouvera la con-

firmation dans l'étude de la topographie médicale. Si, dans un grand nombre de cas, on rapporte ces fièvres aux émanations des marécages, pendant la belle saison, il en est d'autres où elles surviennent dans des lieux et dans des saisons où règne la constitution atmosphérique dont nous avons parlé.

Je ne fais pas un traité sur cette matière. Je compare les phénomènes que nous avons constatés par l'expérience, et que l'on peut reproduire à volonté, avec ceux que nous fournit l'observation de la nature; je remarque ce qu'ils ont de commun; mais je n'entre pas dans toutes les modifications que ces deux ordres de faits présentent.

§ V. Il en est de même de l'*acclimatement*, ou des effets que le changement de climat produit sur la constitution. On trouvera des élémens relatifs à ce sujet dans le chapitre qui traite de l'influence des saisons sur la production de chaleur (chapitre v, 4e partie).

Puisqu'il y a sous ce rapport une constitution d'été et une constitution d'hiver, nous comparerons la première à celle des habitans des climats chauds, et la seconde à celle des habitans des climats froids; mais il y aura cette différence que la modification qui caractérise la constitution d'été dans notre climat sera beaucoup plus marquée dans les climats chauds.

Nous avons fait voir qu'elle consiste ici, chez les individus dont le tempérament est approprié au climat, en une diminution de la faculté de pro-

duire de la chaleur en été, et un accroissement à cet égard en hiver; d'où nous conclurons que cette faculté sera moins énergique chez les habitans des climats chauds que chez ceux des pays froids; et, par cela même, lorsqu'ils changent de climat, ils doivent être, en général, moins en état de supporter le froid que les naturels du pays.

Si l'on en jugeait uniquement par leurs sensations, on serait souvent induit en erreur. Beaucoup d'individus venant de climats chauds sont d'abord moins sensibles au froid que les personnes du pays: c'est ce que l'on pourra concevoir par l'expérience suivante. Si en hiver, dans une chambre d'une chaleur modérée, on tient quelque temps une main dans de l'eau glacée, et qu'on l'essuie après l'avoir retirée, la sensation de froid se dissipe peu à peu; un sentiment de chaleur y succède, et ce sentiment peut être si vif, qu'on croie cette main plus chaude que l'autre. Mais cette illusion se dissipe lorsqu'on les applique l'une contre l'autre: elle paraît alors plus froide au toucher. Elle l'est réellement, comme on peut s'en assurer par le thermomètre. C'est que la chaleur de la main qui avait été refroidie renaît promptement; et cet accroissement rapide dans le développement de la chaleur est accompagné d'une sensation comparable à celle que l'on éprouve lorsque ce développement est stationnaire avec une plus grande production de chaleur.

rapport avec la chaleur de l'air, et n'en diffère que d'un petit nombre de degrés. Si maintenant on veut savoir ce qui se passe chez les animaux, nous choisirons l'espèce qui convient le mieux à ce genre d'observation.

Il n'y en a pas qui perdent plus par évaporation que les grenouilles, et, comme leur production de chaleur est extrêmement faible, nous en ferons abstraction. Malgré la différence de leurs pertes par évaporation en été et en hiver, leur température suit de bien près les variations de celle de l'air. A plus forte raison, l'évaporation, moins active chez les autres animaux, ne saurait compenser l'élévation de la température extérieure. Il s'ensuit que l'égalité de la température des animaux à sang chaud en été et en hiver, en supposant le fait avéré, n'est pas maintenue par l'évaporation. La cause qui contribue avec celle-ci à rendre leur chaleur constante ou peu variable dans les vicissitudes des saisons, a été examinée ailleurs. (*Voy.* p. 253, etc.)

§ VII. Nous voici conduits à une question que je n'ai pas encore traitée, savoir, si réellement la température de l'homme et celle des animaux à sang chaud ne varient pas suivant les saisons.

On avait généralement cru, jusqu'à l'époque où je m'occupais de ces recherches, qu'elle était constante dans l'état de santé et dans les circonstances ordinaires, malgré les chaleurs de

l'été et les froids de l'hiver. Pour m'en éclaircir, j'ai fait une suite d'observations sur la température des bruans et des moineaux, dans le cours d'une année. Elles ont été faites sur un grand nombre d'individus récemment pris, à différentes époques ; ce qui est préférable à des observations sur des individus tenus dans une longue captivité. J'ai reconnu que les moyennes de leur température s'élevaient progressivement du cœur de l'hiver au fort de l'été dans les limites de deux ou trois degrés centigrades. Les observations sur les moineaux m'ont donné la plus grande différence. La moyenne, pour ceux que j'ai examinés, était, au mois de février, de 40°,8 cent. ; en avril, de 42° ; en juillet, de 43°,77. J'ai suivi ensuite la marche inverse dans le déclin de l'année.

J'ai jugé par là que l'homme éprouverait aussi des variations de température sous l'influence des saisons et du changement de climat, sinon dans la même étendue, du moins dans des limites appréciables. Je pensais que M. J. Davy, qui s'était beaucoup occupé de la chaleur animale avant son départ pour l'île de Ceylan, ne négligerait pas l'occasion de comparer la température de l'homme dans les deux climats. Il m'apprit, à son retour, qu'elle était plus élevée chez les habitans de Ceylan, soit indigènes, soit étrangers, d'un ou deux degrés de Fareinheit, et qu'il avait observé un pareil changement chez les mêmes individus avant leur départ et après leur arrivée.

§ VIII. L'accroissement de température dont l'homme est susceptible dans l'état de maladie, sans qu'il provienne de la chaleur ambiante, est beaucoup plus considérable. Le docteur Prevost, de Genève, qu'il suffit de nommer pour qu'on ne puisse pas douter de l'exactitude de l'observation, m'a communiqué le fait le plus remarquable de cette nature. Un de ses malades, un garçon de douze ans, était affecté de tétanos avec un développement extraordinaire de chaleur. Il voulut le déterminer, en plaçant un thermomètre à l'aisselle; il le trouva de 35° R., ce qui équivaut à 43°,75 centig. En supposant que la température primitive de l'enfant fût 36°,756, ce qui est au-dessus de la moyenne de cet âge, elle se sera élevée de 7° cent.

§ IX. On sait de quelle importance il doit être de modérer l'excès de la chaleur, non-seulement dans ce cas extrême, mais dans d'autres où elle est moins forte, soit qu'elle vienne du dehors, soit qu'elle naisse à l'intérieur. Il est des circonstances où la chaleur s'accroît par un effort salutaire de la nature, et nous en avons donné plus haut des exemples. Alors même ces efforts sont souvent désordonnés, et l'art doit intervenir pour les modérer, et, ce qui vaut mieux encore, pour les prévenir lorsqu'il en a la puissance. Souvent le travail extraordinaire, qui augmente la chaleur, n'a pas cette heureuse tendance, et la nécessité de la réprimer devient plus manifeste.

Le moyen le plus énergique de ceux que fournissent les agens extérieurs consiste dans l'application de l'eau en masse, à une température convenable. Il est évident d'abord qu'elle tend, par une action physique, à réduire la température du corps. Il est vrai que l'emploi n'en saurait être prolongé; mais quand même on n'obtiendrait qu'une réduction passagère, ce répit serait déjà fort avantageux; et la répétition du moyen, ménagé suivant l'exigence du cas, multiplierait les intervalles; mais il produit un autre effet que nous avons exposé ailleurs. Le froid, quelle qu'en soit la nature, s'il est assez vif, tend à amortir l'activité avec laquelle la chaleur se développe, et le froid humide est, de tous les moyens extérieurs de réfrigération, le plus propre à amener ce changement.

C'est ce qui sert à expliquer l'avantage qu'on a souvent retiré de l'emploi de l'eau froide, sous les formes variées de bains, de douches ou d'affusions, dans des cas où le développement de la chaleur était extraordinaire. Il y a sans doute d'autres considérations qui doivent en diriger et en limiter l'usage; mais je me borne à le considérer dans ses rapports généraux avec mon sujet.

§ X. Lorsqu'on ne juge pas à propos d'y avoir recours, les autres moyens extérieurs de réfrigération, s'ils ont un effet moins prompt et moins énergique, compensent en quelque sorte ce défaut par la durée de leur emploi. Ainsi, l'humectation légère de diverses parties du corps, quoi-

qu'on les essuie immédiatement, et quelle que soit la température de l'eau, pourvu que la chaleur n'en soit pas excessive, produit à la surface qui est imbibée une évaporation plus abondante, d'où résulte un rafraîchissement salutaire que l'on peut prolonger indéfiniment.

§ XI. Quand on a soin d'entretenir dans un appartement une ventilation convenable, cette méthode de réfrigération ne dépend pas seulement de la quantité de chaleur enlevée au contact, mais aussi de l'augmentation de l'évaporation. Peu de résultats d'expériences m'ont plus frappé que la différence de transpiration par évaporation dans un air calme et dans un air légèrement agité, que j'ai observée sur les animaux les plus propres à manifester ces effets. (*Voyez* surtout page 91, et tab. 8 et 9.)

§ XII. Si la transpiration par évaporation produit un refroidissement salutaire, elle produit aussi d'autres effets qui peuvent, suivant leur mesure, être très-nuisibles dans une foule de cas.

Nous avons vu, dans les expériences sur les poissons, que la transpiration des ouïes et de la peau pouvait dessécher l'un ou l'autre organe, quoique le corps ne perdît pas de son poids, à cause de l'absorption de l'eau mise en contact avec l'autre surface. (Chap. II, § V, 2e partie.)

L'intensité de cet effet, capable de causer la mort de ces animaux, a porté mon attention sur les circonstances où une forte évaporation à la sur-

face des poumons ou de la peau, serait nuisible à l'homme.

Une des situations où la transpiration par évaporation est considérablement augmentée se trouve dans les hautes régions de l'air, sur les montagnes élevées. Beaucoup de personnes y éprouvent une gêne et une anxiété à la poitrine qu'elles rapportent uniquement à la raréfaction de l'air qui borne l'étendue de la respiration. Cette cause peut avoir sa part dans les effets; mais l'autre, que nous venons d'indiquer, agit d'une manière plus étendue et plus générale.

Voyons comment nous distinguerons leur influence respective. La raréfaction de l'air sur les hauteurs est accompagnée, dans le beau temps, d'une grande sécheresse; de là une telle augmentation de la transpiration par évaporation, non-seulement à la peau, mais aussi aux poumons, que la perte d'eau soufferte par cet organe sera telle, chez un grand nombre d'individus, qu'ils éprouveront à la poitrine une gêne correspondante au desséchement.

Si, comme il arrive souvent sur les montagnes, le temps vient à changer promptement en chargeant l'air d'humidité, l'évaporation devient modérée, et la gêne diminue ou cesse entièrement; s'il en subsiste encore, elle est due à la raréfaction de l'air. L'effet de l'évaporation se fait sentir le premier, et celui qui est dû au défaut d'air par la raréfaction de ce fluide vient long-temps après;

il faut même une bien plus grande hauteur pour la produire qu'on ne serait porté à le croire, lorsqu'on confond les deux sensations.

La soif est un symptôme qui accompagne l'ascension des montagnes; elle est quelquefois intense, sans qu'on puisse l'attribuer à la fatigue de l'exercice. On ne la satisfait que momentanément, même par une boisson abondante et souvent répétée.

Mais si ce même air se charge d'humidité, la soif disparaît en même temps. Voici un exemple absolument analogue à celui que nous avons rapporté ailleurs d'un dessèchement partiel, quoiqu'on fournisse au corps une quantité suffisante d'eau pour qu'il ne perde pas de son poids total; effet qui est dû à ce que la distribution du liquide aux différentes parties ne se fait pas en proportion suffisante pour réparer les pertes de l'organe. Il est évident que les individus seront diversement affectés par la même cause, suivant l'état relatif de leurs poumons, de manière à offrir une grande étendue de variations; les uns n'éprouvant pas d'effet sensible, les autres de l'oppression et de l'angoisse.

§ XIII. Il y a aussi de grandes différences dans les effets dus à la raréfaction de l'air, suivant les constitutions. On en distingue les symptômes de ceux de l'évaporation, en plaçant les animaux dans des conditions où l'influence de cette perte peut être négligée, comme dans un grand récipient sur

la machine pneumatique : en faisant promptement le vide, la raréfaction agit sur la respiration avant que l'évaporation ou l'altération des proportions de l'air produise des effets sensibles. On y voit alors la faiblesse du corps, l'accélération de la respiration qui entraîne celle de la circulation. Ces symptômes ne sont pas compliqués dans ce cas, comme dans l'ascension des montagnes, de ceux qui proviennent d'une fatigue excessive et d'autres causes.

Il s'agit maintenant de déterminer si ces symptômes sont réellement dus à la raréfaction de l'air qui borne la respiration. On ne saurait raréfier ce fluide dans la machine pneumatique sans diminuer son élasticité, ce qui équivaut à une diminution de pression, et les phénomènes que présentent les animaux pourront provenir de l'une ou l'autre cause, ou de la réunion des deux. Supposons d'abord que chacune ait ses phénomènes propres, et voyons ce qui résulte de la respiration bornée dans les cas où la diminution de pression est nulle. Si l'on met un animal à sang chaud dans une quantité limitée d'air, soit qu'on y laisse l'acide carbonique qu'il produit, soit qu'on l'absorbe en ayant soin d'entretenir sensiblement la même pression, on observe les mêmes effets généraux que nous avons rapportés à la raréfaction de l'air. Or, comme ces divers moyens agissent en bornant la respiration, les effets communs doivent être attribués à cette cause. Quand

même la diminution de pression agirait dans le même sens, toujours est-il vrai de dire que le genre de phénomènes que nous avons décrits se rapporte à la raréfaction de l'air : seulement leur intensité serait accrue par le concours d'une autre cause.

Il est un symptôme lié avec la respiration bornée par la raréfaction de l'air qui ne me paraît pas avoir attiré l'attention, ou avoir été envisagé sous ce point de vue : il s'agit de la disposition au vomissement. Pour en juger, il convient de choisir des animaux à sang chaud, chez qui le vomissement est déterminé avec le plus de facilité : tels sont les oiseaux de petites espèces, comme les bruans, les moineaux, les pinçons, etc. La raréfaction de l'air, portée assez loin, produit cet effet sur un grand nombre d'individus, et ce qui prouve qu'il se rapporte à la respiration bornée, c'est qu'il a lieu de quelque manière qu'on limite l'étendue de cette fonction par d'autres modifications de l'air.

Il est facile maintenant de rapporter à leur cause respective plusieurs phénomènes que l'on a observés chez l'homme lorsqu'il s'est élevé à de grandes hauteurs, soit sur des montagnes, soit dans des ballons. Si la disposition au vomissement a été peu observée dans ces circonstances, il est des personnes qui l'ont éprouvée, et j'ai été convaincu par leur récit qu'elle tenait à la même condition qui se développe chez les animaux que nous

avons soumis à l'expérience. Je l'ai indiquée, non pour ajouter au nombre des symptômes qui peuvent se manifester dans ce cas, mais pour la rattacher à un grand nombre d'autres où la respiration est bornée par d'autres procédés, comme dans les engorgemens des poumons aigus ou chroniques, où la disposition au vomissement et le vomissement même est souvent un symptôme qui dérive de la diminution des rapports de l'économie avec l'air.

§ XIV. Les espèces et les individus varient beaucoup dans la faculté de supporter la respiration bornée. Les limites auxquelles la raréfaction de l'air peut être portée sans gêner sensiblement la respiration d'un grand nombre d'animaux et d'hommes est vraiment surprenante ; mais les limites où la raréfaction extrême produit des effets presqu'aussi prompts que ceux de la privation absolue de ce fluide sont assez rapprochées pour qu'elles admettent peu de différences à cet égard chez les animaux à sang chaud. La pression à laquelle les bruants que j'ai soumis à l'expérience étaient près d'étouffer correspond, en prenant la moyenne, à 13 centim.,5, et la moyenne pour les cochons d'Inde à 9 centim.,1. Je cite les espèces qui m'ont présenté les résultats extrêmes. Au reste, la comparaison ne peut être bien établie entr'elles qu'en multipliant beaucoup les résultats individuels, sans parler des précautions spéciales qu'exige ce genre d'expériences.

La connaissance des conditions qui étendent ou limitent la faculté de supporter une respiration bornée est une de celles qui fourniraient les applications les plus utiles à la pathologie. Déjà nous avons touché ce sujet, et, conduits par d'autres considérations, nous y reviendrons vers la fin de ce chapitre; mais la matière que nous traitons actuellement est déjà assez compliquée pour que nous évitions d'entrer dans de nouvelles difficultés.

Nous avons vu comment dans les hautes régions de l'air, l'évaporation par les poumons et la raréfaction de l'air influent sur l'économie animale; il faudrait y ajouter les effets propres à la diminution de pression; mais je ne les ai pas suffisamment appréciés.

§ XV. On peut observer ailleurs que dans les régions élevées des faits relatifs à une trop forte évaporation par les poumons. En hiver, lorsque, par un froid très-vif, on chauffe un appartement au moyen d'un poële, bien des personnes éprouvent une sensation pénible à la poitrine. L'air, dans un temps de gelée, contient à peine de vapeur aqueuse, et la chaleur du poële élevant la température de la masse de l'air augmente sa capacité de saturation pour la vapeur; de sorte qu'à température égale, la quantité de liquide qui se dissipe par évaporation est beaucoup plus grande dans cette circonstance qu'en été. Le moyen qu'on emploie ordinairement pour diminuer ou faire cesser la

gène que j'ai indiquée plus haut, est antérieur à la connaissance des principes qui servent à expliquer la manière dont il opère; car la détermination des lois relatives aux vapeurs est une découverte que nous devons aux physiciens actuels, et c'est un ancien usage de placer sur le poële un vase contenant de l'eau, afin de remédier au malaise dont nous avons parlé; mais ce remède est ordinairement insuffisant, par une application incomplète des principes sur lesquels son utilité se fonde, les uns dérivés de la physique, les autres de la physiologie. Il faudrait produire une vaporisation plus abondante pour ramener l'air au degré d'humidité qui convient à la constitution des individus.

Dans la situation que je viens d'indiquer, je suppose la chaleur modérée, et j'observerai que, même alors, cette chaleur peut paraître excessive, parce qu'on lui attribue le malaise qui provient de la cause que je viens d'exposer, et que j'examine seule pour ne pas perdre mon sujet de vue.

De même, dans des régions arides, on rapporte à la chaleur de l'air et du vent des effets qui proviennent en grande partie de l'évaporation causée par la sécheresse de l'atmosphère. Le docteur Knox, qui a voyagé dans l'intérieur de l'Afrique, au nord du cap de Bonne-Espérance, m'a rapporté des faits qui justifient cette opinion, et il est à désirer que ce bon observateur veuille bien les publier.

§ XVI. On sait que dans un air agité dont l'humidité n'est pas extrême, l'évaporation, considérée d'une manière générale, peut être aussi grande que dans un air sec et calme; mais, en supposant deux conditions de l'atmosphère où les effets du mouvement compenseraient ceux de la sécheresse, leur influence sur la transpiration par évaporation ne serait plus la même. Le mouvement de l'air n'agit bien que sur les surfaces exposées aux courans, comme les tégumens du corps : celles des poumons sont abritées, et malgré leur communication au dehors, l'agitation de l'air a peu de part dans la quantité de vapeur qu'elles fournissent. Cette considération servira à déterminer le choix des lieux convenables à l'habitation des personnes dont la santé est délicate. Celles à qui l'augmentation de l'évaporation par les poumons est nuisible doivent préférer un air moins sec, mais légèrement agité, dans les cas où il est important de produire une fraîcheur agréable.

§ XVII. Dans une foule de maladies aiguës, la peau et une partie des voies aériennes se dessèchent manifestement. Or, d'après les effets funestes que nous pouvons produire sur les animaux par le dessèchement de l'un ou l'autre organe, je crois qu'on sentira vivement la nécessité d'y remédier autant que possible. Nous avons vu combien la boisson est insuffisante; l'inhalation de la vapeur aqueuse, à laquelle on a quelquefois recours, ne produit qu'un soulagement passager, et, dans

bien des cas, l'emploi en est impossible. Si l'on rendait humide l'atmosphère du malade en entretenant près de lui une vaporisation d'eau convenablement ménagée, il respirerait continuellement, et sans effort, une vapeur qui non-seulement arrêterait le dessèchement des organes respiratoires, mais qui tendrait aussi à faire cesser cet état par l'absorption dont cette vapeur est susceptible. (Chap. XIII, 4e partie.)

Il faut des moyens plus actifs à la peau, l'imbiber d'eau liquide dans une étendue plus ou moins grande, et essuyer ensuite la surface; précaution en général nécessaire pour procurer au malade par le contact immédiat l'avantage de l'action vivifiante propre à la constitution de l'air atmosphérique, ou, en d'autres termes, de la respiration cutanée. De tels soins donnés avec assiduité et discernement contribueraient à diminuer la mortalité dans ce genre de maladies.

§ XVIII. Il est des considérations relatives aux moyens de diminuer la mortalité dans d'autres cas, et dont l'application est plus générale. Elles dérivent des faits que nous avons exposés touchant les modifications des constitutions à différentes époques de la vie, dans leurs rapports avec la faculté de produire de la chaleur, et l'influence de la température extérieure. Je me suis borné à déterminer ces rapports; mais l'étendue de cette partie de mon travail montre le motif qui m'a porté à donner à ce sujet une attention particulière. Les faits que

j'ai exposés pourront prémunir contre les idées erronées sur la chaleur des enfans, et suggérer les soins qu'ils exigent à cet égard dans les climats et les saisons peu favorables à la conservation de leur existence.

Si de pareils soins étaient perfectionnés et généralement employés, on réduirait considérablement une des causes les plus puissantes de mortalité à cet âge dans notre climat. Elle ne se borne pas aux enfans que la misère de leurs parens ne saurait soustraire à la rigueur du froid; circonstance où la cause de mort est manifeste et inévitable, si l'on ne vient pas à leur secours; mais elle règne dans une plus grande étendue, sans être aperçue ni soupçonnée, dans des familles qui jouissent de l'aisance, et où l'on croit prendre les précautions nécessaires pour assurer la santé des enfans, parce que le froid étant relatif, on juge mal par soi-même de son action sur les autres, et que cette action est insidieuse, parce qu'elle ne se manifeste pas toujours par des sensations déterminées et uniformes. On ne sent pas le froid, et l'on a un malaise ou une indisposition qui en provient; la constitution se détériore, en passant par des alternatives de santé et de maladie, et l'on succombe à l'action d'une cause méconnue. Ce qui contribue encore à la rendre telle, c'est que les effets nuisibles du froid ne se manifestent pas toujours pendant ou immédiatement après son application. Les changemens sont d'abord insensi-

bles; ils augmentent par la répétition de l'impression ou par sa longue durée; et la constitution s'altère sans qu'on s'en doute.

Il est une précaution général qui servirait à prévenir ces effets, et qu'il suffit d'indiquer sans entrer dans leurs détails et leurs rapports particuliers avec la cause qui les produit : c'est de veiller aux changemens qui peuvent survenir dans la santé au déclin de l'année, ou dans le cours de la saison froide; et pour peu qu'elle soit sujette à se déranger, de conserver la chaleur par un vêtement plus chaud. Si ce vêtement est approprié aux besoins de l'individu, on contribue puissamment à le soustraire aux altérations dépendantes de l'influence de la saison; il jouira en même temps de l'avantage de pouvoir être exposé à l'air libre dans des conditions de l'atmosphère qui ne nuiraient pas à la santé.

Si l'on se plaît à croire que de pareilles précautions sont généralement prises, et qu'il n'y ait plus rien à faire pour perfectionner les méthodes propres à garantir l'enfance du danger qui dérive des rapports de sa constitution avec la cause que j'examine, on tombera dans une erreur funeste. Les pays où le froid est excessif font tellement sentir aux habitans la nécessité de s'en garantir, que les soins particuliers qu'ils prennent rendent peut-être cette cause de mortalité moindre chez eux qu'elle ne l'est dans des pays tempérés.

Il suffit donc de sentir cette nécessité pour qu'on

trouve des moyens appropriés. J'ose espérer que les faits que j'ai exposés produiront cette impression.

Ces moyens se rapportent à plusieurs chefs principaux : les soins relatifs, 1°. aux modifications de l'air appropriées à l'économie; 2°. à la conservation de la chaleur naturelle par le vêtement; 3°. aux changemens à produire dans la constitution de l'individu pour accroître sa faculté de développer de la chaleur, de manière à étendre les limites des variations atmosphériques auxquelles il peut être exposé sans danger.

On est souvent détourné de l'usage des vêtemens chauds, et de l'application extérieure de la chaleur sous forme de bains, par l'idée, d'ailleurs très-juste, que la chaleur peut amollir et rendre plus sensible au froid. Cette opinion est sans doute fondée sur une expérience très-générale, et je pense que les observations à ce sujet, que j'ai rapportées ailleurs, ne tendent pas à l'affaiblir; mais d'autres faits non moins avérés tendent à la circonscrire dans de justes limites, et nous font voir que, lorsque l'économie ne développe pas assez de chaleur, les moyens que nous venons d'indiquer contribuent à augmenter la faculté d'en produire.

Quoiqu'on en sente actuellement le besoin, on se refuse souvent à l'usage des vêtemens chauds parce qu'on veut se réserver cette ressource pour un âge avancé. Mais il arrive souvent que cette pré-

caution même fait qu'on ne parvient pas à cet âge.

On craint l'emploi du bain chaud parce que l'eau affaiblit; mais on obvie à cet effet en réduisant la durée du bain, et l'on fait ainsi prédominer l'application de la chaleur.

§ XIX. Je porterai l'attention du lecteur sur un fait d'application qui pourrait lui échapper. On sait combien il est difficile d'élever les enfans qui naissent long-temps avant terme, tels que ceux qui viennent environ au sixième mois de la grossesse. En général les soins que l'on emploie pour conserver la chaleur au moyen de vêtemens seraient insuffisans, comme je m'en suis assuré à l'égard des jeunes animaux qui naissent dans un état aussi peu avancé; il faut une application extérieure d'une chaleur soutenue, jusqu'à ce que le corps ait pris un développement suffisant (*Voy.* p. 236). Ce que j'ai dit de l'enfance en général est applicable à toutes les époques de la vie où la constitution, par une cause quelconque, se rapproche de la modification qui nous occupe.

Quoiqu'on ait singulièrement perfectionné la condition des hôpitaux, et qu'il soit facile de prouver qu'il en est résulté une diminution sensible de la mortalité, un grand nombre d'entre eux sont encore susceptibles d'améliorations sous le rapport de leur température en hiver. Je ne saurais trop recommander ce sujet aux administrateurs éclairés qui les dirigent. Je citerai l'hôpital de Saint-Bar-

thélemi à Londres comme un exemple des moyens judicieux employés pour concilier cette indication avec les autres qui sont relatives à la salubrité de l'air.

§ XX. On est souvent porté à attribuer à des suppressions de transpiration des effets qui résultent principalement de l'action du froid sur l'économie, soit par le degré de la température extérieure, soit par l'évaporation causée par un air sec ou un vent frais; et il arrive même qu'on suppose des suppressions de transpiration dans des cas où elle est réellement augmentée. Nous avons déjà fait voir qu'il n'y avait que la *sueur* qui pût réellement être supprimée; ce qui cependant n'entraîne pas nécessairement la suppression de la transsudation. Elle est alors diminuée au point d'être insensible; mais elle peut continuer d'avoir lieu.

Il n'est cependant pas indifférent à l'économie que la même perte en poids se fasse principalement par évaporation ou par transsudation : dans le premier cas, l'eau qui se dissipe est presque de l'eau pure; dans le second, la transsudation étant un procédé sécrétoire, l'eau emporte avec elle une proportion notable de matière animale.

Ainsi, à ne considérer que les effets dépendant des proportions des liquides et des solides, la transpiration par évaporation porte sur la diminution de l'eau en général, et tend au dessèchement par-

tiel de quelques organes importans à la vie. La transsudation, en même temps qu'elle diminue la masse totale de l'eau, diminue aussi celle des matières animales, et au lieu de dessécher l'organe qui en est le siége, elle tend, au contraire, à l'abreuver.

De sorte que dans la comparaison des effet de deux pertes égales en poids par l'un et par l'autre procédé, on conçoit, lorsqu'elles sont considérables, combien plus la sueur doit affaiblir.

De même, une absorption d'eau équivalente en poids peut réparer, ou à peu-près, la perte que détermine la transpiration par évaporation; mais il s'en faut de beaucoup qu'elle remplace celle qu'occasione la sueur.

Ces deux modes de transpiration diffèrent aussi par leur marche. La transpiration par évaporation tend à décroître dans des temps égaux et successifs; la transsudation ou sueur, déterminée par la chaleur dans les circonstances convenables, tend, au contraire, à l'égalité dans certaines limites.

Il y a cette autre différence que lorsque les conditions physiques qui augmentent la transpiration par évaporation viennent à cesser, ce procédé diminue dans la même proportion.

Il n'en est pas de même de la transsudation causée par une chaleur très-élevée. Elle continue dans une très-forte proportion après l'application de la chaleur. On ne se douterait nullement, sans avoir recours à des observations statiques, de l'étendue de

thélemi à Londres comme un ... temps après être
judicieux employés pour co... de vapeur aqueuse,
avec les autres qui s...
de l'air. ... nt abstraction des modifi-

§ XX. On es... de la transpiration, on veut
suppressions ... moyenne qu'un individu perd
sultent pri... dans l'espace d'un jour, on ne
l'écono... le parti qu'on peut tirer des ob-
extéri... statiques qui ont été faites à ce sujet.
air ... les résultats varient suivant les personnes
q... ont constatés dans des limites très-éloignées,
depuis 27 onces par jour jusqu'à 60, et l'on est
porté à attribuer ces différences à la nature de la
constitution de l'individu, à l'âge, au climat, et
à des causes inconnues. Mais il arrive ici à peu-près ce qu'on observe dans d'autres occasions, où les faits, quoiqu'ils proviennent d'une multitude de causes qui sembleraient devoir les faire varier à l'infini, sont cependant susceptibles de présenter un résultat tellement uniforme qu'il est de nature à être prévu.

Pour trouver un résultat relatif à la transpiration qui approche de cette régularité, il faut d'abord faire attention à un rapport qui se reproduit dans toutes les recherches statiques sur la transpiration de l'homme, continuées pendant un long espace de temps:

En comparant la somme moyenne des alimens et des boissons d'un jour, pendant le cours d'une année, à la somme de toutes les pertes par la

…spiration et les évacuations alvines et urinaires, …it qu'elles sont presque identiques. Il im… …suite d'examiner les rapports de ces éva… …tre elles. Le rapport de l'urine à la trans… …rie dans les tables de Robinson, etc.; … prenant la moyenne de ces rapports, elle …oche singulièrement de l'égalité et se trouve …1 : 1,08. En négligeant la légère différence, nous admettrons l'égalité entre les produits annuels de l'urine et de la transpiration.

L'évacuation alvine ne forme qu'une petite quantité de la perte totale. La moyenne de toutes ces quantités éléminées par cette voie, dans les tables que j'ai citées, est de 4 onces. En soustrayant cette quantité de la somme des alimens et des boissons, et prenant la moitié du reste, on aura un résultat approché du produit de la transpiration moyenne d'un jour dans le cours de l'année.

Pour juger du degré d'approximation auquel on peut arriver, en se servant de ces données avec la seule connaissance de la somme des alimens et des boissons, nous donnons la comparaison des résultats fournis par l'expérience d'après ces tables, et de ceux qui se déduisent des proportions précédentes :

Pertes moyennes par la transpiration d'un jour:

	Robinson.	Robinson.	Keill.	Rye.	Lining.
	42 ans.	64-5 ans.	39 ans.	42 ans.	40 ans.
Déduites de l'observ.	45 onces.	27 onces.	30 onc.	56 onc.	60 onces.
Déduites du calcul.	41	27	35	46	62

On peut voir, d'après les tables de ces auteurs, que les vicissitudes de chaleur et de froid, lorsqu'elles sont bien marquées, comme dans les pays qu'ils habitaient, tendent à faire prédominer la transpiration sur l'urine dans la saison chaude, et à produire l'effet contraire dans les temps froids.

Les observations de Rye sont les seules qui y fassent exception; car sa transpiration moyenne, même en hiver, excède l'urine, quoiqu'elle approche de l'égalité.

La règle que nous avons donnée pour estimer la transpiration moyenne, d'après la connaissance de la somme moyenne des évacuations d'un jour dans le cours de l'année, n'est donc applicable qu'aux climats dont nous venons de parler. Dans ceux où l'hiver serait doux, ou dans les pays chauds où la température varie peu, il est probable que la transpiration moyenne de l'année dépasserait sensiblement la quantité moyenne de l'urine.

Il paraît, d'après Sanctorius, quoiqu'il n'ait pas fourni toutes les données qu'ont pourrait désirer, que tel était le résultat de ses observations en Italie; à plus forte raison devrait-il avoir lieu dans les régions plus chaudes.

A défaut d'observations, on pourrait se servir des tables que j'ai citées; en déduire le rapport moyen de la transpiration à l'urine dans les mois les plus chauds de l'année, et par une méthode semblable à celle que j'ai indiquée pour des cli-

mats comme le nôtre, estimer la transpiration moyenne en connaissant la somme des alimens et des boissons.

§ XXII. Nous avons précédemment considéré les effets que produisent sur la transpiration diverses modifications de l'air; nous examinerons maintenant certains effets des mêmes conditions de l'atmosphère sur la respiration.

L'agitation légère de l'atmosphère dont l'état hygrométrique et la température sont appropriés à l'économie, produit un tel sentiment de bien-être, que la poitrine se dilate en conséquence et admet une plus forte proportion d'air. C'est un phénomène qui a particulièrement attiré mon attention, et que j'ai observé partout où l'espace étant plus grand, l'air admettait une plus grande variété de mouvemens. J'ai souvent eu occasion de m'assurer que des personnes qui ont ce qu'on appelle une poitrine délicate, doivent en grande partie la gêne et l'oppression qu'elles ressentent à la petitesse de leur appartement; gêne qui diminue ou disparaît entièrement, suivant qu'elles vont dans une chambre plus spacieuse ou au grand air.

Quelle que soit d'ailleurs la différence de pureté que l'on puisse attribuer à l'air des petits et des grands appartemens, des rues étroites et de celles qui sont larges, de la ville et de la campagne, le degré de l'agitation de l'air a l'influence la plus marquée sur l'étendue avec laquelle la poitrine se

dilate : la sensation agréable qu'on en éprouve en respirant à la campagne est due principalement à cette cause. Une foule d'autres y contribuent sans doute : nous en connaissons plusieurs ; mais ne négligeons pas celles qui sont à notre portée, pour attribuer une plus grande efficacité à d'autres que nous n'avons pas encore les moyens d'apprécier.

On ne saurait trop s'appliquer à distinguer les cas où la gêne de la respiration provient d'un défaut d'étendue dans les mouvemens de la poitrine, de ceux où elle est due à une obstruction mécanique. Les moyens de remédier à la première sont plus nombreux et plus puissans qu'on ne croit ; et souvent, lors même qu'une altération organique y dispose, une attention convenable aux conditions extérieures peut apporter un grand soulagement.

§ XXIII. Il est des modifications de structure, soit congéniales soit acquises, relatives à la respiration et à la circulation, qui ne manifestent guère de symptômes de maladie que dans de certaines conditions extérieures. Il serait aussi vain d'essayer, au moins dans l'état actuel de nos connaissances, de ramener quelques-unes de ces modifications de structure aux proportions ordinaires, que de vouloir changer celles qui caractérisent une espèce. L'art consiste donc à approprier les conditions extérieures à ce genre d'organisation. Les limites dans lesquelles les personnes ainsi constituées peu-

vent jouir de la vie, sont plus resserrées; mais la connaissance de ces limites sert à leur procurer le bien-être et même la longévité. Les principes que nous avons déduits des observations et des expériences exposées dans cet ouvrage, me paraissent de nature à fournir des applications de cette espèce.

Quant à celles qui ont rapport aux modifications de structure dont nous venons de parler, j'indiquerai le chapitre qui traite des *effets de la température sur les mouvemens respiratoires et circulatoires* (pag. 295), et je citerai une série d'observations cliniques qui servent d'exemples à ces principes : nous les devons à M. Rostan, qui les a consignées dans son intéressant mémoire sur l'*Asthme des vieillards*.

Il a reconnu que l'affection qu'il appelle de ce nom correspond à certains vices de conformation du cœur, des gros vaisseaux ou des poumons. Les cas en sont extrêmement nombreux à l'hospice de la Salpêtrière, où il voit tous les ans les personnes qui ont cette déviation de structure, jouir pour la plupart d'une assez bonne santé pendant la belle saison; mais lorsque la chaleur décline en automne et en hiver, elles arrivent en foule dans les salles de l'hôpital, avec les battemens de cœur et la respiration laborieuse qui caractérisent la maladie.

§ XXIV. Lorsqu'un obstacle mécanique, tel que l'engorgement des poumons, empêche l'entrée d'une

quantité suffisante d'air, il est un autre ordre de considérations relatives à ces maladies qui m'a été suggéré par mes recherches sur les animaux. La multitude des cas où l'engorgement des poumons diminue les rapports avec l'air a porté mon attention sur les conditions qui déterminent la faculté de supporter la respiration bornée. Le lecteur trouvera des faits relatifs à ce sujet chapitre VIII, 4me partie; mais nous l'envisagerons ici sous un autre point de vue. On sait depuis long-temps que les jeunes mammifères succombent moins promptement que les adultes lorsqu'ils sont entièrement privés d'air. Mais on sait aussi que cette différence cesse bientôt après la naissance, et même qu'elle est très-légère entre un très-grand nombre de mammifères nouveau nés et les adultes (chap. VI, 4me part.). Il n'en est pas de même de la respiration bornée. Long-temps après l'époque où l'asphyxie n'est guère plus prolongée chez les jeunes animaux que chez les adultes, je me suis assuré que les premiers supportent beaucoup mieux les effets de la respiration bornée. Jamais aucun des oiseaux adultes, dans les expériences multipliées que j'ai faites sur leur respiration dans des quantités limitées d'air, en les y laissant jusqu'à ce qu'ils y périssent, ne s'est ranimé en l'exposant à l'air libre. Tandis que plusieurs jeunes oiseaux qui avaient altéré une égale quantité d'air, au point de n'y plus donner de signe de vie, sont revenus après avoir été re-

tirés. Mais je ne l'ai jamais observé quand ils étaient entièrement privés du contact de l'air, comme dans le cas de submersion. Lorsque, au contraire, dans des quantités limitées d'air, ils l'ont altéré de manière à ne pouvoir plus exercer de mouvemens respiratoires, ce fluide a encore une action vivifiante qui entretient un reste de vie à un degré suffisant pour qu'elle se développe ensuite par l'exposition à l'air pur. Mais cette action est trop faible sur les adultes placés dans les mêmes circonstances.

En limitant autrement l'action de l'air, on verra d'une manière très-sensible combien la constitution des jeunes animaux est plus propre à supporter la respiration bornée. Si l'on ouvre largement la poitrine d'un adulte, les poumons s'affaissent, et les mouvemens externes volontaires et involontaires cessent presqu'aussi promptement que si l'animal était submergé sous l'eau. Cependant l'air qui est en contact avec la surface du corps et des poumons entretient visiblement une action respiratoire, puisque le cœur continue à battre et que le sang devient vermeil à la surface des poumons.

J'ai fait la même opération à des chats d'un ou deux jours, dont les uns étaient privés du contact de l'air, en les mettant sous l'eau : les autres étaient exposés à l'air libre. Les expériences ont été faites à la température de 20°, la plus favorable à la durée de la vie sous l'eau. Le terme moyen de la vie des chats submergés était de 38 minutes ; celui

des individus de même espèce et de même âge exposés à l'air était de 1 h. 2'. Notons que dans cette circonstance, comme dans d'autres, nous avons jugé de la vie par les actes extérieurs seulement, et non par les faibles mouvemens qui se passent à l'intérieur quand ceux-là ont cessé.

Ainsi l'on voit par ces deux séries d'expériences que la respiration bornée au même degré est beaucoup plus nuisible aux adultes qu'aux jeunes animaux à sang chaud, soit très-peu de temps après leur naissance, soit long-temps après.

Il suit de ce fait que les enfans chez qui la respiration sera bornée par un engorgement des poumons seront, toutes choses égales d'ailleurs, moins en danger que des adultes dont les rapports avec l'air seraient limités au même degré par ce genre de maladie; et comme le trouble de l'économie, marqué par l'accélération de la respiration, de la circulation, etc., est d'autant plus grand que le besoin d'air est plus pressant, les symptômes d'une pneumonie seront plus intenses chez les adultes, dans les cas où l'étendue relative de l'engorgement des poumons sera également limitée de part et d'autre.

On verra facilement qu'il doit exister entre les adultes des différences de cette nature, mais à un moindre degré, et qu'elles dépendent d'une cause commune, quelles que soient d'ailleurs les modifications accessoires. Les faits exposés précé-

demment nous prouvent que le caractère principal qui distingue les animaux à sang chaud, à différentes époques depuis leur naissance jusqu'à l'âge adulte, est tiré de leur faculté de produire de la chaleur.

Nous avons fait voir la liaison qui existe entre cette faculté et celle de supporter la privation totale d'air. Il en est de même de la respiration bornée. Comme nous avons constaté que les adultes peuvent différer beaucoup entre eux par la faculté de développer de la chaleur, nous en déduirons qu'ils diffèrent de même dans leur faculté de supporter la respiration bornée. Ce que j'avance ici, je pourrais l'appuyer sur des preuves directes; mais je crois que l'analogie est assez forte pour qu'on m'en dispense.

§ XXV. Ces considérations nous conduisent plus loin. Si un individu est affecté de pneumonie, au point de mettre sa vie en danger par la diminution de ses rapports avec l'air, l'indication la plus pressante est d'employer les moyens les plus convenables pour ramener sa constitution vers celle qui le mettrait en état de supporter cette respiration bornée. Or, quoiqu'on ne l'ait pas en vue dans le traitement consacré de tout temps à ce genre de maladie, on ne laisse pas de remplir cette indication. De quelque manière que le sang contribue à la production de chaleur, on sait, à n'en pouvoir douter, qu'il y influe puissamment. Une légère émission de sang peut ne pas opérer

à cet égard un effet sensible; mais une évacuation suffisante ne saurait manquer de diminuer la faculté de produire la chaleur; et en se tenant dans des limites compatibles avec la vie, plus le cas est grave, plus la soustraction doit être grande, afin de ramener le plus possible la constitution de l'individu vers celle qui a le moins besoin de l'action de l'air.

§ XXVI. L'état actuel de nos connaissances sur le sang présente des vues nouvelles qui se lient de toutes parts avec la physiologie et la pathologie.

MM. Prévost et Dumas, qui ont fait l'analyse du sang d'un grand nombre d'espèces parmi les vertébrés à sang froid, et les animaux à sang chaud, ont trouvé que la proportion d'eau était la plus grande chez les vertébrés à sang froid, moindre dans les mammifères, et au minimum chez les oiseaux; ou réciproquement que le nombre relatif des globules croissait dans l'ordre des classes précédentes. On voit que si l'on pouvait changer le rapport de l'eau et des globules, on aurait un autre moyen qui tendrait à ramener la constitution d'un mammifère vers celle d'un vertébré à sang froid.

Supposons qu'on ait recours à l'ingestion de l'eau pour opérer ce changement, on reconnaîtra de suite, par ce que nous avons établi précédemment sur l'absorption, dans quelles limites étroites ce changement sera resserré.

Dans les expériences sur les animaux les plus

propres à manifester les effets de l'absorption de l'eau, nous avons vu qu'il y a un point de saturation qu'ils ne dépassent pas, tant que leur constitution n'éprouve pas certains changemens, quelque multiplié et prolongé que soit le contact de l'eau avec la surface absorbante.

Le point de saturation où l'absorption cesse est déterminé par le maximum de liquide que le corps peut contenir dans l'état naturel.

Supposons maintenant que le corps soit à son point de saturation, l'absorption ne cessera que momentanément; car il s'en éloignera promptement par les pertes que la transpiration lui fait continuellement éprouver, sans compter d'autres sécrétions dont les matériaux sont jetés au dehors. L'absorption aura lieu en conséquence, ainsi que nous l'avons constaté ailleurs.

Le corps tendra donc à se maintenir vers le point de saturation; mais il ne s'y maintiendra pas exactement; il subira des fluctuations dépendantes des alternatives d'excrétion et d'absorption; et tant que les alimens réparent les pertes de matières animales, l'ingestion de l'eau, quelque abondante qu'elle soit, changera peu les rapports de ce fluide avec les globules du sang.

Si l'on observe une diète sévère, comme il arrive dans les maladies aiguës, les pertes de matière animale n'étant pas réparées, la proportion des globules diminue nécessairement; mais ce changement est trop lent dans les cas les plus graves.

Le moyen le plus prompt et le plus efficace d'opérer ce changement consiste dans l'émission du sang. La saignée d'abord ne porte que sur la quantité du sang, et non sur la proportion de ses parties constituantes; mais la déplétion, suivant son étendue, a éloigné le corps de son point de saturation; l'absorption est augmentée en conséquence; elle s'exerce alors principalement sur l'eau en contact avec les surfaces absorbantes. Le corps peut être ainsi ramené à son poids primitif, ou très-près de cette limite. Il s'ensuit que le nombre des globules étant diminué par la soustraction du sang, et l'absorption suppléant à cette perte par de l'eau qui n'entraîne guère avec elle que les matières qu'elle tient en dissolution, les proportions du sang relatives à l'eau et aux globules peuvent changer très-promptement, et dans une grande étendue compatible avec la vie.

Si la suite de ces déductions laissait quelques doutes dans l'esprit du lecteur sur la justesse de la conclusion, il peut s'en assurer par l'observation directe du fait. En effet, MM. Prévost et Dumas ont constaté qu'après une première saignée, le sang qu'on tire de nouveau, après un intervalle convenable, présente une diminution dans la proportion des globules.

Si, dans l'impossibilité de nier le fait, parce qu'il est avéré, le doute se reportait sur l'enchaînement des actions qui le produisent, tel que je l'ai exposé plus haut, il faudrait aussi refuser son

assentiment aux principes sur lesquels il se fonde. Or, ces principes sont immédiatement déduits de quelques-unes de mes premières recherches sur les conditions physiques de l'absorption, consignées dans le sixième chapitre de cet ouvrage, et que j'ai lues à l'Académie des Sciences en 1819.

Les expériences sur l'absorption ont été faites sur des vertébrés à sang froid; et si l'on n'était pas disposé à admettre les applications que j'en ai faites aux animaux à sang chaud, dans le cours de cet ouvrage, on sera pleinement rassuré en consultant le mémoire que M. Magendie a lu, en 1820, sur le mécanisme de l'absorption chez les animaux à sang rouge et chaud. (*Journal de Physiologie*, tome I.)

On y trouvera des expériences aussi ingénieuses que variées sur les organes de l'absorption, et sur le degré de leur activité, suivant leur plus ou moins de plénitude. Ce sujet a été repris par M. Foderà; et j'engage le lecteur qui voudrait approfondir cette matière à lire l'extrait de son mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur l'Absorption et l'Exhalation*. (*Archives génér. de Médecine*, mai 1823, p. 57.)

L'intérêt du sujet m'a engagé à citer les principales preuves à l'appui de la justesse du raisonnement que j'ai exposé plus haut, puisqu'il sert à expliquer l'action d'un des moyens les plus puissans qui soient à la disposition de l'art pour effectuer un changement prompt et intime de la constitu-

tion, changement qui lui donne un nouveau mode de vitalité approprié aux circonstances.

Lorsqu'on considère que les vertébrés à sang froid ne diffèrent pas seulement à cet égard des animaux à sang chaud par leur faculté de supporter la respiration bornée, mais aussi par leur résistance à une foule d'autres actions délétères, on reconnaît de suite que la méthode de traitement qui tendrait à ramener vers leur constitution celle des individus des classes supérieures, dans les limites que leur organisation comporte, les mettrait aussi dans les conditions les plus favorables pour échapper à ces causes de destruction.

§ XXVII. Nous avons vu par la comparaison du sang des diverses espèces, et l'action de quelques moyens propres à modifier ce fluide d'une manière déterminée, comment on peut opérer ce changement. Mais ce changement a des bornes qui tiennent non-seulement aux proportions d'eau et des globules, mais aussi à la nature de ces globules eux-mêmes. Ils diffèrent, comme nous l'avons déjà indiqué d'après les travaux de MM. Prévost et Dumas, selon les classes et les espèces, par leur forme et leurs dimensions. Aucun moyen connu ne peut opérer des changemens de cette nature; et quand même nous en aurions à notre disposition, leur emploi pourrait bien être, non pas salutaire, mais mortel. En effet, ces savans ont pu rendre la vie et la santé à des animaux qui en paraissaient privés par la perte de leur sang, en leur

en infusant d'autre dont les globules étaient de même espèce. Mais lorsqu'ils essayèrent de produire le même effet avec du sang dont les globules étaient d'espèce différente, ils réussirent d'autant moins que la forme et les dimensions de ces globules s'éloignaient davantage de celles des globules du sang de l'individu soumis à l'expérience, et dans les différences extrêmes, tout en ranimant d'abord l'animal, ils causaient d'horribles convulsions, bientôt suivies de la mort.

§ XXVIII. Il y a d'autres caractères que les dimensions et la forme des globules qui ont des rapports intimes avec le mode de vitalité. Ils dérivent d'abord du changement apparent que les globules subissent dans leur couleur, changement commun à tous les vertébrés. Les globules sont composés d'un noyau central blanc, et d'une enveloppe colorée en rouge; ils ne subissent que dans cette partie la modification qui les fait passer d'un rouge obscur à une teinte vermeille; et, suivant la nuance, ils exercent sur les phénomènes de la vie une action non moins puissante que celle qui dérive de leur forme et de leurs dimensions. Leurs rapports avec l'air déterminent l'étendue de ce changement. Un grand nombre de faits consignés dans cet ouvrage s'y rapportent, les uns immédiatement, les autres d'une manière éloignée, et conduisent à la détermination d'autres faits que l'état de la science met à notre portée; telle est surtout la nature de ceux que nous

avons présentés sur les altérations de l'air par la respiration. (Chapitre XVI, 4e partie.)

Comme ces faits nous portent à considérer l'oxigène qui disparaît dans la respiration comme étant réellement absorbé, il s'agirait maintenant de suivre ses traces dans l'économie, et de constater la nature de ses combinaisons et de ses actions. C'est ici que commence un nouvel ordre de recherches. Il en est de même de l'azote absorbé dans l'acte de la respiration, et des sources d'où dérive l'exhalation de ce gaz, et celle de l'acide carbonique : c'est aussi la limite prescrite à cet ouvrage ; mais je ne saurais terminer sans indiquer comment cet ordre de recherches se trouve nécessairement lié avec les découvertes récentes sur la composition du sang et l'action du système nerveux.

§ XXIX. Nous n'avons considéré la composition du sang que sous les rapports de l'eau et des globules ; mais ce ne sont pas les seules parties qui le constituent : on sait que la portion limpide n'est pas de l'eau pure ; elle contient en dissolution, entre autres substances, de l'albumine, des sels, etc., et forme ce qu'on appelle le *sérum*.

Il suffit de tirer du sang à un animal vivant et de l'analyser par les moyens connus, pour y trouver plusieurs de ces substances, et en déterminer les proportions. Mais si l'on se bornait à cette méthode, on n'y découvrirait pas d'autres parties constituantes, dont la connaissance jette un grand jour, non-seulement sur la composition de ce fluide, mais

aussi sur les fonctions sécrétoires. Les différences qu'on avait observées entre les matériaux immédiats du sang et ceux de plusieurs autres fluides de l'économie, avait fait attribuer aux uns et aux autres une origine différente. Ainsi, l'urée, principe caractéristique de l'urine, ne se trouvant pas dans le sang par les procédés connus, on en avait conclu, avec une grande apparence de raison, qu'elle n'y existait réellement pas, et qu'elle devait sa formation aux reins. Cette opinion a été universellement adoptée depuis la découverte de l'urée. MM. Prévost et Dumas ont pensé que cette sécrétion pouvait être envisagée de deux manières différentes, soit comme je viens de l'exposer, soit de la manière suivante; et ont trouvé le moyen de décider la question. Ils ont supposé que les reins, au lieu de former l'urée avec des matériaux tirés du sang, pouvaient lui donner passage à mesure que le sang leur fournit ce principe tout formé. En ce cas il se trouverait en assez petite quantité dans le sang qu'on tirerait de l'animal dans l'état naturel pour qu'on ne pût l'y reconnaître par les moyens ordinaires de l'analyse chimique; mais qu'ils suffiraient si, dans la supposition que les reins donnent passage à ce principe, on en arrêtait l'écoulement. L'extirpation des reins, avec les précautions nécessaires, devait remplir cette indication, et alors l'urée, s'accumulant dans le sang, deviendrait manifeste par les procédés ordinaires de l'analyse. Ils découvrirent ainsi dans l'urée un

nouveau principe du sang qu'ils y trouvèrent en grande quantité, et nous firent connaître une des principales sécrétions du corps sous un nouveau point de vue. Il est probable qu'il s'applique à d'autres sécrétions; toujours est-il vrai qu'on ne saurait s'assurer de la composition du sang sans cette méthode; à moins que les procédés analytiques ne soient portés à un plus haut degré de perfection. Cependant ils se perfectionnent rapidement, et les procédés que nous devons à M. Chevreul, qui consacre ses talens à l'étude de la chimie organique, l'ont mis à même de reconnaître un autre principe du sang dans une substance grasse, ayant les propriétés de celle du cerveau; découverte qui étend encore les rapports entre la constitution du sang et celle de nos organes.

Les faits que je viens d'exposer sont relatifs à l'état de santé; mais il en est d'autres que nous devons au même chimiste, et qui constituent de nouveaux rapports entre la composition du sang dans l'état de maladie, et les sécrétions qui en dépendent. Les enfans sont sujets à une maladie qui porte le nom d'*induration du tissu cellulaire*. M. Chevreul, en faisant, à l'invitation de M. Breschet, l'analyse du fluide sécrété par ce tissu, y a trouvé une substance qui se coagule à froid. Il en a aussi reconnu l'existence dans le sang de ces individus, et en grande proportion. Il en est de même de la matière colorante de l'ictère qui accompagne souvent cette maladie. Des sécrétions

morbides ont ainsi leurs rapports avec la constitution du sang, par la coexistence des mêmes principes dans ce fluide et dans les autres.

§ XXX. Ces rapports se multiplieront sans doute. Puisqu'une foule de principes immédiats des organes et des sécrétions doivent maintenant être rapportés au sang, il est naturel de rechercher comment ils se trouvent en faire partie. On sait que l'appareil digestif en fournit un grand nombre; mais on ne saurait y rapporter l'origine de tous.

Quoiqu'on n'ait pas observé la route que suit l'oxigène qui disparaît dans la respiration, c'est une suite nécessaire de l'absorption de toute substance, qu'elle passe en plus ou moins grande proportion dans le sang. Voilà donc évidemment une source de changemens dans ce fluide, qui pourrait donner naissance à quelques-uns des principes immédiats qui le constituent. C'est aux recherches ultérieures qu'il appartient de les déterminer. Les recherches de cette nature paraissent intimement liées avec l'étude de l'influence nerveuse, depuis que les travaux de M. Wilson Philip ont fait connaître la part du système nerveux dans la conversion en chyme des alimens ingérés dans l'estomac; travaux dont l'exactitude a été vérifiée par les expériences de MM. Breschet, Vavasseur, et mon frère Henry Edwards. (*Arch. gén. de Méd.*, août 1823, p. 485.) Quelque compliquées que soient les recherches que je viens d'indiquer, elles sont cependant de nature à être désormais poursuivies

avec succès; car les moyens d'investigation se sont rapidement accrus avec les difficultés.

§ XXXI. Nous avons trouvé, dans les changemens que le sang peut subir dans sa composition, une source féconde de changemens dans le mode de vitalité. Il paraîtrait d'abord que ce n'est que par cette voie que nous pouvons agir sur le système nerveux, pour modifier son action de manière à changer la constitution des individus; à cause de l'étendue dans laquelle ce fluide peut varier, et de l'apparente immutabilité du système nerveux dans sa forme et sa structure.

Il est évident que les dimensions et les proportions de ce système ont des limites posées par la nature aux modifications que leur vitalité peut subir; cependant il est susceptible d'éprouver des changemens considérables que nous ne saurions discerner par l'inspection, mais qui se manifestent par les actions qui en résultent et qui ne proviennent pas de l'influence du sang. De pareils effets peuvent être produits par la température, ainsi que nous l'avons prouvé précédemment, par la lumière, l'électricité et une infinité d'autres actions au contact, sans compter les causes morales. C'est ce que j'ai eu en vue en parlant de l'action spéciale de l'air sur l'économie, et que j'ai désignée par l'expression d'*influence vivifiante*. Mes premières expériences à cet égard m'ont conduit à reconnaître une action au contact, indépendamment des changemens que l'air produit dans la composition du

sang. Il en est de même de l'eau. (*Voyez* chapitre 1, 1re partie.)

C'est ainsi que l'impression de l'air sert à ranimer une vie presque éteinte dans le cas de mort apparente, et que l'homme, à cet égard, a l'avantage sur tous les animaux à sang chaud, même hybernans. Leur peau, couverte de poils ou de plumes, est moins accessible à l'air; et jamais je n'ai vu aucun individu adulte qui, après la cessation de tout mouvement extérieur par la submersion dans l'eau, ait été rappelé à la vie par l'exposition à l'air. L'homme, au contraire, dont la peau est nue, délicate et sensible, peut être ranimé par l'action de l'air, lorsqu'il paraît avoir perdu sous l'eau le sentiment et le mouvement.

Nous avons fait voir ailleurs que les enfans nouveau nés, lorsqu'ils sont privés d'air, ne doivent pas donner des signes de vie pendant un aussi long espace de temps que les jeunes mammifères de même âge qui naissent les yeux fermés: cependant ils peuvent revenir plus facilement de la mort apparente, parce que leur peau est de nature à recevoir une plus forte impression de la part de l'air.

Nous avons vu combien la chaleur est funeste dans les cas d'asphyxie, et ceux d'une respiration très-bornée. Or, lorsque l'action de l'air est réduite aux effets qu'elle produit au contact, son influence est la plus faible possible, et l'on ne conçoit pas d'abord quel avantage l'on peut retirer de l'application de la chaleur. Si cette application

34

est de longue durée elle sera mortelle; dans quelques cas elle peut être utile, si elle est de courte durée. Lorsqu'un animal est plongé sous l'eau, à la température de 40°, ses mouvemens sont beaucoup plus énergiques, mais moins nombreux qu'à des températures inférieures. Il est donc des circonstances où la chaleur peut être appliquée momentanément pour exciter les mouvemens de la poitrine. L'immersion d'une grande partie du corps dans de l'eau chaude est souvent un moyen efficace pour ranimer un enfant qui vient de naître sans donner de signes de vie. Dès que le mouvement est produit, ou qu'il tarde à se manifester, il faut renoncer à une méthode dont l'usage, plus prolongé, deviendrait funeste.

Nous devons, d'après tout ce qui précède, envisager l'influence vivifiante de l'air, celle qui appartient exclusivement à ce fluide, sous deux points de vue, son action directe sur le système nerveux par le contact; son action sur le sang par les changemens qu'il y opère. De même la vitalité des individus peut être modifiée par une foule d'autres causes qui agissent immédiatement, soit sur le système nerveux, soit sur le sang. Un grand nombre de faits dans cet ouvrage donnent des exemples de l'un et de l'autre mode. Je ne me suis pas proposé d'entrer dans toute la série d'actions qui amènent ces changemens; mais de déterminer quelques-unes des conditions dans lesquelles ces changemens s'opèrent.

APPENDIX.

De l'Electricité (1).

L'INFLUENCE du fluide électrique dans les opérations de la nature se manifeste aujourd'hui d'une manière si éclatante, qu'il est presque impossible de la contester désormais. La matière n'éprouve presque aucune modification, quelque faible qu'on puisse la supposer, sans qu'il en résulte un mouvement électrique plus ou moins considérable. On se trouve donc réduit à une alternative dans laquelle on restera peut-être encore pendant quelques années, et dont les découvertes récentes permettent de prévoir le terme. Ou bien l'on admettra, conjointement avec un grand nombre d'hommes célèbres, que les phénomènes dont nous sommes témoins sont véritablement produits par le fluide électrique, et dans ce cas, ce serait en lui que nous devrions placer la force universelle qui préside aux opérations de la nature. Ou bien nous pourrons admettre seulement qu'il existe des modifications dans l'état électrique des corps dès l'instant qu'ils éprouvent les altérations même les plus légères. Dans ce dernier cas, les mouvemens électriques ne devront plus être envisagés comme

(1) *Voyez* l'Introduction.

cause, et l'on se bornerait à les considérer comme des effets propres à nous indiquer des modifications de la matière que les autres réactifs laisseraient inaperçues. Quoi qu'il en soit de l'opinion à laquelle on voudra s'arrêter, il n'en est pas moins certain, d'après ce que nous venons d'exposer, que le fluide électrique mérite toute notre attention, et qu'il doit jouer dans les phénomènes de la vie un rôle fort important, soit comme effet, soit peut-être comme cause.

Mais avant de nous engager dans une discussion aussi délicate, nous devons définir, autant qu'il est possible, la nature de l'être dont nous voulons étudier les modifications.

Pour le plus grand nombre des physiciens, il existe deux fluides électriques dont il est facile de démontrer la présence. En effet, si l'on frotte un bâton de cire, ou d'une matière résineuse quelconque, sur un morceau de drap sec, il acquiert diverses propriétés qui doivent être attribuées à la présence du fluide résineux ou négatif. Si l'on emploie au contraire un tube de verre, et qu'on le soumette à la même opération, on verra qu'il se charge d'un fluide doué de propriétés analogues, mais qu'il est cependant facile de caractériser spécifiquement : c'est le fluide vitré ou positif. Quelques principes simples vont nous montrer maintenant comment on peut concevoir les propriétés par lesquelles ces deux êtres se ressemblent, et celles qui servent à les distinguer.

L'un et l'autre sont impondérables, et il existe dans les molécules des fluides de même nom une propriété répulsive remarquable par son intensité; enfin les fluides de nom contraire s'attirent avec une énergie que les physiciens se sont occupés de mesurer.

Dans les cas dont nous avons parlé jusqu'à présent, le fluide électrique offre toujours une tendance singulière à se porter à la surface des corps, et lorsqu'il y est accumulé, l'on ne peut l'enlever qu'au moyen de certains arrangemens qui mettent cette surface en rapport avec le globe terrestre. On appelle conducteurs les corps qui jouissent de la propriété d'offrir un écoulement facile à la matière électrique, et l'on désigne par celui de cohibens ceux qui lui refusent le passage. Dans le but de cet ouvrage, il suffira de rappeler ici que les métaux sont les meilleurs conducteurs connus, que le tissu nerveux rivalise avec eux en énergie, et qu'enfin les dissolutions acides, alcalines, salines, et l'eau elle-même, occupent le dernier rang. Les oxides métalliques sont, au contraire, des conducteurs fort imparfaits, et présentent au plus haut degré la propriété cohibente lorsqu'ils ont été vitrifiés.

D'après cela nous concevrons aisément qu'un corps chargé d'une espèce d'électricité quelconque attirera tous ceux qui posséderont l'électricité de nom contraire, et repoussera ceux qui seront doués de l'électricité de même nom. C'est là précisément le caractère que les physiciens emploient pour re-

connaître dans un corps la présence de l'électricité libre, ainsi que sa nature.

On pourrait également démontrer qu'au moyen de l'analyse rigoureuse des faits on peut se passer de l'un de ces fluides, et que tous les phénomènes s'expliquent en admettant qu'il n'existe réellement que l'électricité vitreuse. Dans cette supposition, un corps chargé d'électricité vitrée posséderait un excès de ce fluide unique, et celui qui manifeste les propriétés que l'on attribue à la présence de l'électricité résineuse se trouverait, au contraire, privé d'une portion plus ou moins considérable de son fluide naturel. Dès-lors toutes les modifications que les corps éprouvent relativement à leur état électrique deviennent des propriétés de relation comparables et analogues à celles que nous offre la distribution du calorique, et les rapports bien connus de la température.

Quoi qu'il en soit de ces deux opinions, également propres à classer les phénomènes qu'on a pu constater jusqu'ici, nous nous en tiendrons à la première, plus généralement adoptée, et qui d'ailleurs, par la forme du langage, se trouve presque toujours forcée d'exprimer les faits par les mêmes mots que l'on serait obligé d'employer si l'on donnait la préférence à l'autre.

Un corps chargé d'électricité présente un état particulier que l'on désigne sous le nom de tension électrique, soit positive, soit négative, ce qui dépend de la nature du corps d'une part, et de l'au-

tre des conditions auxquelles il a été soumis. Ainsi que nous l'avons déjà fait entendre, les circonstances les plus légères suffisent pour attribuer à la matière l'un de ces deux états. Si l'on met, par exemple, en contact deux corps hétérogènes, l'un se charge instantanément d'une certaine quantité de fluide négatif, et l'autre prend aussitôt le fluide positif correspondant. C'est à cette propriété remarquable, fécondée par le génie de Volta, que nous devons l'immortel instrument qui porte son nom. La pile voltaïque n'est en effet qu'un système composé de pièces métalliques qui présentent cette condition. Il ne nous conviendrait pas d'entrer ici dans les détails d'une construction qui ne laisse pas d'être compliquée, et nous nous bornerons à présenter dans sa plus grande simplicité le fait fondamental sur lequel elle repose. Qu'on prenne deux lames, l'une de zinc et l'autre de cuivre; qu'on les soude bout à bout à l'une de leurs extrémités, et elles se trouveront par cela même placées dans des conditions qui doivent amener des tensions électriques différentes dans chacune d'elles. Le zinc prendra l'électricité positive, le cuivre se chargera de l'autre, et l'on pourra facilement en accuser la présence dans les deux cas, au moyen des électroscopes que la physique possède. La tension qui résulte de ce contact est subite; à l'instant même où on vient de la détruire, elle se reproduit au même degré, et cette faculté persiste tant qu'on ne détruit pas le rap-

port intime des deux métaux. Plongeons maintenant dans un liquide conducteur les extrémités des deux lames que nous avons laissées en liberté; les fluides positif et négatif viendront se neutraliser au travers du liquide; et comme la tension se renouvelle sans cesse, il s'établira nécessairement un courant continuel.

Cette nouvelle modification de l'électricité possède des propriétés particulières qui ont eu déjà la plus grande influence dans l'étude des sciences naturelles, et qui doivent bientôt en reculer singulièrement les limites. Elles peuvent pourtant se rattacher toutes à deux lois principales découvertes par M. Ampère. Deux courans qui vont dans le même sens s'attirent, et lorsqu'ils vont en sens contraire ils se repoussent. C'est au moyen d'une telle influence que cet illustre physicien est parvenu à démontrer l'identité des fluides électrique et magnétique. Il suffit, en effet, de supposer dans l'aimant des courans circulaires, disposés obliquement à la direction de son axe, pour expliquer à la fois tous les effets observés jadis entre deux aimans, tous ceux que M. Œrstedt a découverts entre le courant électrique et l'aimant lui-même, et ceux enfin qui résultent de l'action des aimans sur le courant électrique dont nous devons la connaissance à MM. Ampère, Arago et Faraday.

Ces deux conditions sous lesquelles le fluide électrique peut s'offrir diffèrent, comme on voit, à beaucoup d'égards, et doivent, par conséquent,

amener des résultats variés. En effet, la tension électrique se manifeste principalement à la surface des corps; le courant électrique se propage au contraire au travers de ses molécules avec uniformité, sans offrir aucune espèce de préférence. L'on sera moins étonné de cette dissemblance si l'on se rappelle que la tension électrique résulte de l'accumulation d'une seule espèce d'électricité à l'état de repos, tandis que le courant provient du mouvement continu des deux électricités en sens contraire. Cette dernière circonstance donne lieu à certains phénomènes qui ont produit la révolution chimique dont nous avons été témoins. Lorsque le courant se propage au travers d'un corps élémentaire, celui-ci ne tarde pas à se réchauffer, et peut arriver même à l'incandescence. Si la matière au travers de laquelle s'établit le courant consiste en deux ou plusieurs élémens réunis par l'effet d'une combinaison chimique, ceux qui jouent le rôle de base se transportent à l'instant vers le corps duquel provient l'électricité négative, tandis que les autres sont amenés autour de celui qui fournit l'électricité positive.

C'est le seul exemple connu dans l'histoire de la nature d'une force très-faible en apparence, et pourtant capable de détruire les combinaisons chimiques sans en produire de nouvelles; car le calorique et l'électricité elle-même sous forme de tension peuvent bien quelquefois présenter des

effets analogues; mais il faut qu'ils soient l'un et l'autre dans un état d'intensité qui ne permet pas de les employer dans les explications relatives aux phénomènes bien connus des sécrétions.

Au moyen des notions que nous venons d'exposer sommairement, il ne sera pas difficile de concevoir tous les faits que nous avons à énumérer. Si cependant il restait encore quelque difficulté dans l'esprit du lecteur, nous serions obligés de le renvoyer aux ouvrages de physique destinés par leur nature à approfondir un tel sujet.

Relativement à l'économie animale, les phénomènes électriques peuvent se partager en deux classes : l'une comprendra les réactions du fluide extérieur sur le corps de l'animal, et l'autre sera réservée aux influences électriques qu'il exerce sur lui-même.

Examinons, en premier lieu, les effets produits par la tension. Que l'on place un homme ou un animal quelconque sur un tabouret isolant, et qu'on le mette en communication avec un corps chargé d'électricité libre : dès l'instant du contact il donnera les signes qui annoncent la présence de cette espèce d'électricité. Jusqu'à présent on a donné peu d'attention à cet ordre de phénomènes. Nous sommes forcés d'avouer que nous connaissons peu les effets qu'une tension plus ou moins violente serait capable d'amener dans l'état physiologique de l'individu soumis à l'expérience.

Passons maintenant aux effets qui proviennent

du passage d'une seule espèce d'électricité au travers d'un corps conducteur interposé entre la source qui fournit le fluide et le réservoir commun dans lequel il va se perdre. Pour plus de simplicité, supposons-le d'abord homogène dans toutes ses parties; les molécules dont il est composé tendront à se séparer, à cause de l'action répulsive qu'elles acquièrent en se chargeant d'une électricité semblable. Lorsque cette influence sera devenue suffisamment énergique, pour surmonter la force d'agrégation qui les maintenait unies, le corps se trouvera réduit en poudre. Il en sera de même si, au lieu d'être simple, nous le supposons composé; car la tension qu'il éprouve s'oppose à la force de cohésion, et ne détruit les combinaisons chimiques que d'une manière accidentelle.

Cette propriété s'applique sans difficulté aux phénomènes connus en physiologie, et les explique d'une manière qui laisse peu de chose à désirer. En effet, que l'on fasse passer une étincelle électrique au travers d'une petite goutte de sang, et l'on verra les molécules que celui-ci renferme prendre à l'instant un aspect framboisé qui indique la séparation partielle des globules élémentaires dont elles sont formées. Si l'on fait la même tentative sur un liquide qui contienne des animalcules spermatiques ou infusoires, on observera le même effet, et ces divers êtres perdront à l'instant le mouvement spontané dont ils se trouvaient doués. Dans tous ces cas il semble que la

désorganisation consiste simplement dans l'écartement forcé qu'éprouvent les globules organiques dont le tissu se trouvait composé. Mais si l'on fait subir la même épreuve à des corps composés de divers tissus hétérogènes, il est manifeste que l'action la plus forte sera perçue par les portions les plus propres à transmettre le fluide électrique. Dans un animal vertébré, ce sera donc le tissu nerveux qui souffrira le plus des effets d'une commotion électrique, et si son intensité se trouve telle que les globules qui composent les fibres nerveuses puissent en être désunies, toutes les fonctions de ce système seront à l'instant détruites, et la vie se dissipera sans retour. Tel est l'effet d'un coup de foudre, et tels sont aussi les symptômes généraux qui se manifestent dans l'homme et les animaux foudroyés. A la vérité, l'on n'a point encore fait d'expériences propres à constater la nature de la désorganisation que l'encéphale et ses dépendances ont pu subir dans de telles occasions; mais on sait fort bien que l'irritabilité musculaire disparaît au moment même où la vie se trouve détruite par un choc électrique, tandis qu'elle se conserve long-temps après la mort quand celle-ci a été amenée par d'autres causes. Cette circonstance suffit à elle seule, et nous en verrons plus loin la raison, pour démontrer que l'action de l'électricité sous cette forme rend le système nerveux incapable de transmettre le fluide nerveux ou le courant électrique, qui sont les agens connus

de l'irritabilité. L'explication la plus naturelle qui se présente à l'esprit consiste donc à supposer que les fibres nerveuses ont perdu cette propriété par la séparation survenue entre les molécules dont elles sont formées, et par l'introduction accidentelle entre ces mêmes molécules du corps gras qui sert à isoler les fibres nerveuses les unes des autres dans l'état de santé.

Outre l'abolition complète de l'irritabilité musculaire, on observe encore dans les animaux frappés par la foudre une particularité qui se rattache également aux principes que nous avons posés. Leur sang ne se coagule pas, comme cela se remarque presque toujours après la mort; il reste, au contraire, fluide, ou ne présente du moins que des caillots rares et peu considérables. Or, comme il semble suffisamment démontré aujourd'hui que la coagulation du sang résulte d'une attraction moléculaire entre les globules qu'il renferme, on conçoit qu'elle devient nécessairement nulle lorsque, par l'effet du passage du fluide électrique, cette attraction se change en répulsion.

Mais de ces deux résultats il semble pourtant fort probable que celui qui se rapporte au système nerveux joue le plus grand rôle dans ce phénomène, et que les animaux foudroyés perdent la vie en faison des désordres occasionés par la présence du fluide électrique dans le cerveau et les nerfs qui en dépendent.

Il reste encore beaucoup de recherches à faire,

beaucoup de notions à acquérir avant que l'on puisse espérer de connaître dans tous ses détails l'effet qui résulte d'une quantité faible d'électricité libre accumulée dans les divers organes. Cet effet varie sans doute suivant la nature de l'organe; il varie probablement aussi d'après l'intensité de la charge électrique, et des expériences multipliées et délicates pourraient seules nous fournir une histoire satisfaisante des modifications que l'état électrique de l'atmosphère peut amener sur l'état physiologique de l'homme et des animaux qui peuplent la surface du globe.

Tels sont les divers phénomènes que l'on peut regarder comme constatés relativement à l'action qu'exercent les tensions électriques sur l'économie animale. Mais il est un autre genre d'influence qui mérite plus d'attention encore, puisqu'il paraît que c'est à lui que doivent se rapporter les réactions que le corps d'un animal est capable d'exercer sur lui-même.

La contraction musculaire avait fixé, depuis les expériences de Haller, l'attention d'un très-grand nombre d'expérimentateurs. On s'était assuré qu'on excitait des convulsions dans les muscles en pinçant le nerf qui va s'y distribuer, en le brûlant, ou bien encore en le soumettant à l'influence des acides, des alcalis, et en général des réactifs chimiques puissans. Mais tous ces phénomènes étaient accompagnés d'une désorganisation qui jusqu'alors avait semblé suffisante pour les expliquer.

En 1789, Galvani vint ouvrir une route nouvelle, par l'importante découverte dont les conséquences ont produit une révolution si remarquable dans les sciences chimiques et physiques. Il observa par hasard qu'un arc métallique composé de deux métaux hétérogènes placé en rapport, d'une part avec les muscles, et de l'autre avec les nerfs, produit instantanément des contractions du système musculaire compris dans ce circuit. Il saisit habilement cette donnée et parvint à la généraliser avec beaucoup de sagacité. L'explication physique du fait n'a pourtant été fournie que par Volta, qui parvint à démontrer que deux corps conducteurs en contact se chargent d'électricités de nom contraire. Cette analyse délicate d'un fait que rien ne pouvait faire supçonner jusqu'alors, nous fournit une explication très-claire du phénomène observé par Galvani. Deux métaux hétérogènes en contact prennent chacun des électricités de nom contraire, et lorsqu'on vient à les réunir par un troisième corps capable de transmettre le fluide électrique, il s'établit dans son intérieur un courant dû à la neutralisation du fluide qui s'est rassemblé dans les métaux. C'est ce courant qui détermine la convulsion des muscles lorsque c'est le nerf d'un muscle qui sert de conducteur, et la sensation lorsqu'on fait usage d'un nerf qui va se distribuer dans l'encéphale.

Prenons en ce moment les convulsions des mus-

cles et les perceptions cérébrales comme un fait, sans nous embarrasser des causes qui les amènent, et nous dirons que toutes les fois que les nerfs sont compris dans un arc composé de deux substances hétérogènes, pourvu qu'elles soient conductrices, il en résultera les effets que nous venons de décrire. Cette donnée nous suffira pour comprendre, et les expériences de Galvani, et celles non moins remarquables que l'on trouve consignées dans un ouvrage plus ancien, intitulé *Théorie du plaisir*, et composé par Sultzer. Deux plaques métalliques hétérogènes, l'une d'argent ou de cuivre, l'autre de zinc, par exemple, que l'on place sur les deux surfaces opposées de la langue et que l'on met en contact en dehors, produisent à l'instant une sensation particulière, distincte du goût des métaux, et qui peut se comparer au genre de saveur que nous appelons styptique.

Dans plusieurs cas même cette sensation se répand jusqu'aux organes voisins, et les yeux perçoivent au même moment une espèce d'éclair lorsqu'on les ferme ou qu'on se place dans un endroit obscur.

Ces expériences, qu'il serait très-facile de multiplier et de varier, nous fournissent une preuve claire de l'éminente faculté conductrice des nerfs dans leur état physiologique, et nous prouvent en même temps que le passage de l'électricité dans leurs extrémités les plus déliées peut produire le mou-

vement lorsqu'il est question d'un muscle, et la sensation lorsqu'il s'agit du cerveau.

Examinons de plus près chacune de ses propriétés, et nous verrons à quel ordre de phénomènes il est aujourd'hui permis de les rapporter.

Il est bien connu des physiologistes que l'intégrité de la branche nerveuse qui se rend dans le muscle, et la libre circulation du sang au travers des vaisseaux qui s'y distribuent, doivent être considérées comme les conditions nécessaires de la faculté contractile.

Nous trouvons dans un muscle divers élémens organiques dont il importe de fixer, par expérience, l'usage et la nécessité relativement au phénomène qui nous occupe. Ce sont les fibres musculaires elles-mêmes, le tissu cellulaire qui les réunit, les tendons auxquels elles vont aboutir, outre les vaisseaux artériels, veineux, lymphatiques, et le nerf, qui viennent s'y distribuer. Établissons en premier lieu, dans les limites que nos moyens actuels d'observation nous imposent, quels sont les rapports que l'on remarque dans la situation relative de ces diverses parties, en prenant la fibre musculaire pour point de départ. Tous les anatomistes savent que les muscles présentent une grande analogie chez les animaux dans lesquels on peut les observer avec une netteté suffisante. Ce sont des faisceaux de fibres molles, flexibles, peu résistantes et de longueur très-variable. Un tissu cellulaire d'une grande finesse

les unit entre elles, et leurs extrémités se perdent dans la masse commune, ou bien vont se fixer sur les tendons qui forment le moyen d'union entre le muscle et les parties qu'il est destiné à mouvoir. La manière dont ces fibres se groupent est fort variée, ce qu'on peut prévoir en réfléchissant à la diversité des fonctions que les muscles ont à remplir; mais l'élément musculaire paraît strictement le même dans tous les cas. Sa couleur est blanche comme celle de la fibrine retirée du sang; et si, chez les animaux à sang chaud, elle paraît rouge, on doit l'attribuer uniquement au liquide qui le baigne : quelques injections d'eau le démontrent sans réplique. Afin d'éviter des répétitions ou des longueurs, nous subdiviserons la fibre musculaire en trois ordres. Les *fibres tertiaires* seront pour nous ces filamens musculaires qu'on rencontre en fendant le muscle dans le sens de sa longueur : nous appellerons *secondaires* celles qu'on obtient par la subdivision des précédentes : elles sont fort bien déterminées, en ce qu'il est impossible de les soumettre à aucune altération mécanique sans arriver à la *fibre primaire*, que les travaux de M. Home, les nôtres et ceux de M. Henri Edwards ont fait connaître d'une manière très-satisfaisante. Il serait trop long de discuter ici les opinions des anciens anatomistes sur ce point. Il nous suffira de poser en fait qu'aucune de leurs recherches expérimentales n'implique contradiction avec les résultats publiés par M. H.

Edwards. On sait qu'il a trouvé la fibre élémentaire identique dans tous les animaux et dans tous les âges, et formée, dans tous les cas, d'une série de globules de même diamètre. C'est de la réunion d'un faisceau de pareils chapelets que résultent les fibres secondaires, et celles-ci méritent toute notre attention, en ce que les mouvemens de la contraction s'opèrent par leur moyen. Lorsqu'on les examine avec un grossissement de trois cents diamètres, elles se montrent souvent sous une forme très-particulière qui serait susceptible d'induire en erreur sur leur véritable composition. On les voit comme des cylindres barrés en travers par un nombre considérable de petites lignes sinueuses placées à la distance régulière d'un trois centième de millimètre. Cet aspect paraît dû à la gaîne membraneuse dont ils sont revêtus, et on ne le retrouve pas dans les fibres secondaires qui ont été fendues ou déchirées. Il disparaît également sous certaines conditions d'éclairement, et l'on arrive à la véritable structure musculaire. La fibre secondaire se montre alors, comme l'a fort bien vue M. Edwards, et paraît composée d'un très-grand nombre de petits filets élémentaires placés parallèlement ou à-peu-près, et de même forme que ceux dont M. Home a signalé l'existence.

Si l'on prend un muscle assez mince pour être examiné par transparence, sans qu'il soit nécessaire de le diviser, on voit qu'il est produit par la réunion d'un certain nombre de fibres secon-

daires placées quelquefois sans ordre l'une côté de l'autre dans une situation parallèle ou à-peu-près, et souvent groupées de manière à produire les faisceaux musculaires qu'on remarque dans les muscles épais. Tout cet échafaudage est maintenu par un tissu cellulaire adipeux, et sillonné en divers sens par les vaisseaux et les nerfs, qui semblent parcourir le muscle sans avoir avec lui des liaisons faciles à observer. Nous ne pourrions pas en ce moment faire l'histoire de la circulation propre à ces organes sans sortir de notre sujet, et nous nous bornerons à observer que, s'il existe une communication matérielle entre les masses musculaires et les vaisseaux sanguins, cela ne peut se concevoir que dans la supposition d'une imbibition au travers des parois vasculaires. Le passage des artères aux veines se trace aisément, et ne présente point la division excessive qui serait indispensable à la nutrition de l'organe, si elle se passait réellement comme on l'imagine en général.

Considérons maintenant ces faisceaux musculaires, sans nous occuper des organes accessoires, et examinons-les avec un grossissement très faible, pour éviter toutes les objections qu'on peut faire à l'emploi du microscope : nous n'y verrons qu'une certaine quantité de fibres parallèles, droites si le muscle est en repos, très-flexibles et disposées de telle sorte qu'elles puissent changer facilement de position relative au moindre mouvement du muscle.

Lorsque cette apparence est devenue familière à l'œil, on se trouve dans les conditions convenables pour apprécier les changemens qui s'opèrent au moment de la contraction. A cet effet, nous prenons un muscle frais et mince, le fascia-lata de la grenouille, par exemple, ou bien encore le muscle sterno-pubien du même animal. Nous le transportons sous le microscope et nous le soumettons à l'influence galvanique, au moyen d'un petit arrangement fort simple qui se trouve suffisamment décrit dans notre Essai sur les animalcules spermatiques. Dès l'instant où le courant est établi le muscle se contracte et nous offre le spectacle le plus remarquable. Les fibres parallèles qui le composent se fléchissent tout-à-coup en zigzag, et présentent un grand nombre d'ondulations régulières. Si le courant se trouve interrompu, l'organe reprend sa première apparence, et se fléchit de nouveau lorsqu'on le rétablit. Il est même facile, lorsqu'on rencontre un muscle fort et irritable, de répéter l'expérience un grand nombre de fois. En général cependant on est obligé de le renouveler après deux ou trois essais.

La précision et l'instantanéité de ces changemens font de ce phénomène un des plus curieux de la physiologie. En l'examinant avec attention, on ne tarde pas à s'apercevoir d'une circonstance importante, c'est que les flexions ont lieu dans des points déterminés et ne changent pas de position, ce qui semblerait indiquer que c'est un rapprochement

occasioné par l'attraction momentanée de ces mêmes points entre eux. D'ailleurs il ne survient aucune autre altération, et l'on peut assurer que la seule circonstance appréciable de la contraction consiste en cette disposition angulaire de la fibre.

Dans tous les muscles on retrouve la même propriété : les animaux à sang chaud l'offrent aussi bien que ceux à sang froid; les oiseaux comme les mammifères. On l'aperçoit aussi sans peine dans les muscles de l'estomac, des intestins, du cœur, de la vessie, de la matrice, etc.

On remarque à la surface des fibres secondaires et à la partie interne du coude qu'elles forment, lorsqu'elles sont contractées, des rides ou plis dus évidemment à la courbure forcée à laquelle ils se trouvent soumis. Cette apparence est souvent très-prononcée, dans d'autres circonstances elle le semble moins. Ceci provient uniquement de l'énergie de la contraction. Lorsqu'elle est faible, l'angle se trouve obtus, et la fibre n'éprouve pas une flexion suffisante pour donner naissance à ces rides; mais si l'angle devient plus aigu, la partie intérieure du faisceau doit nécessairement être comprimée, et forme ainsi de petits bourrelets bien prononcés. Il est même probable que cette cause limite l'énergie des contractions, et ne leur permet pas de dépasser un certain angle. Du moins est-il bien certain que, dans les muscles de la locomotion, nous n'avons jamais pu produire des contractions assez fortes pour que les angles de la

fibre fussent de cinquante degrés ou au-dessous, même en augmentant beaucoup l'intensité du courant galvanique. C'est ce qu'on aura peu de peine à concevoir, si l'on réfléchit aux conditions de structure que nous avons développées.

Il semble pourtant que les muscles intestinaux font exception à cette règle, et leurs fibres se montrent souvent sous des angles plus aigus. Mais, d'un côté, les sommets des angles sont sensiblement plus distans entre eux que dans les autres muscles, et de l'autre leurs fibres secondaires sont plus minces et étalées sur un large champ. On conçoit qu'elles se trouvent par là dans une situation tout-à-fait particulière, et que chaque fibre se contracte, pour ainsi dire, indépendamment des voisines et pour son propre compte, sans être gênée par les faisceaux environnans.

Après avoir saisi les phénomènes que nous venons de décrire, il était essentiel d'en déterminer toutes les conditions. Il était possible que la fibre musculaire fût soumise à d'autres changemens matériels que ceux dont nous avions eu la perception par ce procédé, et nous avons compris que, dans cette supposition, elle devait éprouver une variation de volume. En effet, ou bien on la considère comme un cordon solide dont les extrémités se rapprochent parce qu'il passe de la direction rectiligne à une forme sinueuse, et, dans ce cas, le volume doit rester le même; ou bien on admet des conditions que nous n'aurions pu apprécier :

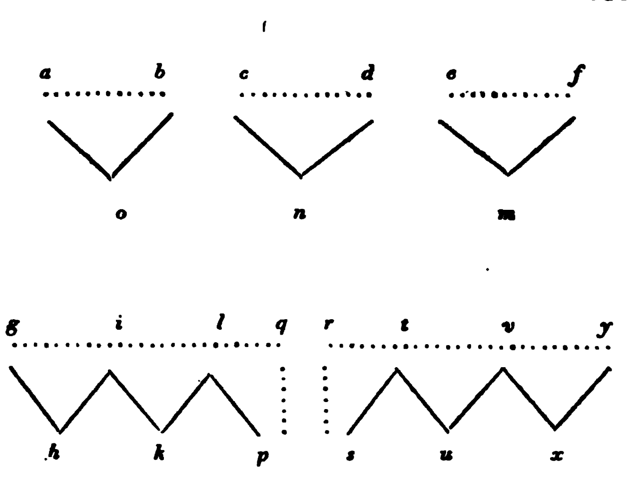
et comme un corps ne saurait subir d'altération que dans sa forme ou dans son volume, ce dernier caractère était le seul dont la valeur pût varier. Nous avons mis toute notre attention à déterminer cette donnée du problême, et nous avons trouvé, dans les écrits de quelques physiciens, des démonstrations très-précises, qu'il a suffi de soumettre à une vérification convenable. D'anciens anatomistes, entre lesquels on remarque Borelli, avaient cru que le volume du muscle éprouvait une augmentation sensible au moment où il vient à se contracter. Cette opinion, qui n'était basée sur aucune mesure, fut renversée par Glisson. Celui-ci faisait plonger dans un baquet rempli d'eau le bras d'un homme dans l'état de repos, et croyait apercevoir un abaissement de niveau dès l'instant où les muscles entraient en jeu. On a lieu d'être surpris aujourd'hui qu'on ait pu se contenter pendant long-temps, dans l'enseignement public, d'une expérience aussi grossière. Elle a été répétée avec plus de soin par M. Carlisle, et ce savant est arrivé constamment à des résultats opposés. Un homme enfonçait son bras jusqu'au deltoïde dans un cylindre dont l'entrée avait à-peu-près la circonférence du bras près de l'épaule. Ce vase communiquait avec un tube mince et gradue, disposé verticalement. L'appareil était rempli d'eau, et sa partie ouverte se lutait sur le bras: de manière que, lorsqu'il se contractait, à un signal donné, la variation de volume devait s'indi-

quer toute entière sur la colonne d'eau renfermée dans le petit tube gradué, et se mesurer par son mouvement. Il la vit monter dans tous les cas, et en conclut naturellement que le volume d'un muscle augmente lorsqu'il passe du relâchement à la contraction. Des observateurs plus judicieux ont cependant senti que ces résultats étaient illusoires, puisqu'on n'y tenait aucun compte des altérations survenues dans la peau et le tissu cellulaire sous-cutané, qui doit être plus ou moins comprimé par l'effort des masses musculaires. Ils ont donc cherché à dégager l'expérience de cette cause d'erreur. M. Blanc suivit un procédé analogue à celui de M. Carlisle; mais il eut le bon esprit de se servir d'une masse musculaire compacte, et plaça dans le vase un tronçon d'anguille, qu'il stimulait au moyen d'une tige métallique acérée. Cette méthode, déjà bien plus correcte, ne lui ayant montré aucune altération dans le niveau du liquide, il en déduisit l'égalité du volume sous les deux états du muscle. Mais avant lui, et sans qu'il en eût connaissance, M. Barzoletti, par une expérience bien plus élégante, était parvenu de son côté précisément à la même conclusion. Il suspendait dans un flacon la partie postérieure d'une grenouille, remplissait celui-ci d'eau, et le fermait avec un bouchon traversé par un tube étroit et gradué. Il forçait alors le muscle à se contracter, au moyen d'une excitation galvanique, et, dans aucun cas, il ne put observer de variation

dans la colonne que le tube contenait. Nous n'avions, pour ainsi dire, rien à ajouter à ce résultat, qui se présente dégagé de toute objection plausible. Nous avons désiré toutefois lui donner un degré de certitude plus positif encore.

L'appareil que nous avons employé ne diffère pas, quant aux principales conditions, de celui de M. Barzoletti; mais nous avons mis dans le flacon des masses musculaires plus considérables, afin de multiplier l'effet dû à la variation de volume présumée ou possible. Nous n'avons pas aperçu de trouble dans le niveau du petit tube, et nous en avons conclu, comme MM. Blanc et Barzoletti, que si le muscle éprouvait quelque changement de cette espèce, il devait être bien faible.

Les expériences que nous venons de rapporter suffisaient à nous démontrer que le muscle n'éprouvait pas d'altération, si ce n'est dans la direction de ses fibres. Cette incertitude donnant une grande importance à l'examen des sinuosités qu'elles décrivent, nous avons fait quelques tentatives à ce sujet. Il est évident que nous pouvons considérer la fibre musculaire comme étant composée d'un certain nombre de petites lignes droites susceptibles de s'incliner l'une sur l'autre sous des incidences variées, ce qui rend très-aisée la solution de tous leurs mouvemens. Nous avons dû nous occuper en premier lieu de la détermination précise de la longueur de ces petites lignes.



Sur un des muscles de la cuisse d'une grenouille, placé sous le microscope et contracté par le moyen de la pile, nous avons relevé en divers endroits les lignes brisées ci-dessus, que nous avons soigneusement comparées aux sinuosités naturelles, en nous servant des deux yeux, comme dans beaucoup d'occasions qui se sont présentées dans les recherches que renferment nos mémoires précédens. Nous avons ensuite complété les triangles au moyen des lignes ponctuées et pris les mesures que nous allons rapporter.

Longueur des lignes.	Distance des points.
ao—10mm	*ab*—17mm
ob—10	*cd*—16
cn—10	*ef*—16
nd—10	*gq*—42
em—10	*ry*—39
mf—11	Total.......130
gh—10	
hi—10	
ik—11	
kl—11	
lp—12	
st—11	
tu—12	
uv—12	
vx—10,5	
xy—10	
Total......172,5	

Si nous supposons que les 16 lignes comprises dans ce tableau forment une série, nous aurons 172,5 pour la distance des points *a* et *y* lorsque la fibre est droite, et 130 seulement pour le cas où elle est contractée. Ceci nous indique un raccourcissement de 0,23 dans une telle fibre.

Mais nous pouvions nous assurer directement de la vérité de ce fait, en prenant le même muscle et le mesurant avec soin dans les deux états, de relâchement et de contraction. A cet effet, dès l'instant où on l'avait enlevé du corps de l'animal, il était placé sous le microscope pour s'assurer que ses fibres étaient bien droites, et on déterminait sa longueur au moyen d'un compas : il

suffisait de le stimuler ensuite par le courant d'une pile faible, et de prendre une nouvelle mesure dans cet état.

Muscle relâché	25mm	contracté	17mm
id.	20	*id.*	15
id.	25	*id.*	18
id.	20	*id.*	15
	90		65

La diminution de longueur dans cette série était donc de 0,27, tandis que par la méthode indiquée ci-dessus nous l'avions trouvée de 0,23. Il est évident que des expériences de ce genre ne peuvent fournir des rapports plus rapprochés. Il est donc permis de conclure que la flexion de la fibre représente bien réellement la quantité dont elle s'est raccourcie, ce qui prouve que le changement qu'elle a subi porte sur sa direction seulement.

Cette considération est d'autant plus importante que beaucoup de faits vulgairement connus nous démontrent évidemment l'élasticité de la fibre, et l'on pouvait avoir quelque raison de penser que cette propriété se trouvait intéressée dans le phénomène de la contraction. Nous allons exposer ici ce que nous savons de précis sur ce sujet. Le muscle vivant, abandonné à lui-même, prend toujours l'état régulier sous lequel nous l'avons soumis à l'examen; mais lorsqu'on fixe ses deux extrémités et qu'on éloigne les points d'attache,

la fibre s'allonge en vertu de son élasticité, comme l'ont prouvé d'anciens expérimentateurs qui ont cherché à déterminer la valeur du poids nécessaire pour amener sa rupture. Il est évident que cette action est de nature opposée à celle qui produit la contraction et qu'elle doit la contrarier dans ses effets; du moins sommes-nous autorisés à le penser d'après les expériences suivantes. Nous avons pris des grenouilles femelles peu de temps avant la ponte. Leur abdomen était fort distendu par les œufs, et les muscles sterno-pubiens avaient dû se prêter par leur allongement à cette augmentation de volume. Nous les avons isolés du tissu cellulaire et de la paroi de l'abdomen; nous avons déterminé leur longueur, puis nous avons coupé une de leurs extrémités. A l'instant même ils ont éprouvé un raccourcissement notable; mais en les examinant au microscope, on a pu s'assurer que ce phénomène n'était accompagné d'aucune flexion de la fibre, et qu'il différait par conséquent de la contraction. Soumis ensuite à l'influence galvanique, les mêmes muscles diminuaient de nouveau de longueur, en présentant les sinuosités ordinaires. Nous donnerons ici les rapports numériques qui expriment les conditions de ces deux phénomènes.

Muscle en place	45mm	*id.* coupé	34mm	*id.* contracté	22mm
id.	49	*id.*	36	*id.*	25
id.	51	*id.*	37	*id.*	27
	145		107		74

Ces nombres sont entre eux, à bien peu de chose près, comme 30—20—15; ce qui signifie, en d'autres termes, qu'un muscle dont les contractions fortes équivalent à un quart de sa longueur seulement peut être amené, au moyen d'une traction continue, à la distension exprimée par le rapport de 2 : 3, sans éprouver d'altération dans sa faculté contractile.

En raisonnant sur ce fait, il se présente à l'esprit une vue qui lève en grande partie, ou, pour mieux dire, qui détruit tout-à-fait l'objection qu'on pourrait tirer de certains cas de contractions extraordinaires, difficiles en apparence à concevoir dans notre théorie. En effet, l'estomac, les intestins, la vessie, nous offrent des variations de volume presque incroyables; et, quoique leur disposition musculaire soit telle qu'il est facile d'expliquer pourquoi leur faculté contractile produit des résultats bien plus énergiques que ceux dont nous avons mesuré l'intensité dans les muscles de la locomotion, il n'en est pas moins vrai qu'on se trouverait toujours au-dessous de la réalité si l'élasticité de leurs fibres ne jouait un grand rôle dans ce phénomène. L'explication des faits devient fort aisée si l'on fait usage des deux principes suivans : 1°. Les muscles sont élastiques, par conséquent susceptibles de s'allonger sous l'influence d'un tiraillement exercé dans leur point d'attache. 2°. Leur faculté contractile peut agir dans tous les cas; mais elle augmente probablement en énergie à mesure

qu'on se rapproche davantage de l'état naturel au muscle. Il résulte en effet de ces deux propriétés que l'estomac et l'intestin, par exemple, peuvent être distendus par la présence des matières alimentaires, de façon à se présenter avec un volume beaucoup plus considérable que celui qu'ils offrent dans l'état de vacuité. Si, dans de telles circonstances, ont fait agir sur eux un stimulus quelconque, ils éprouveront des contractions successives, qui chasseront peu à peu les corps étrangers renfermés dans leur cavité, et ils finiront ainsi par atteindre leur point de repos. Leurs fibres musculaires étaient droites pendant qu'ils étaient distendus, elles le sont encore sous ce dernier état. Une circonstance particulière favorise beaucoup cette faculté d'extension. Les fibres secondaires de ces muscles sont fort minces et très-longues. Elles sont disposées à-peu-près sur le même plan, et réunies au moyen d'un tissu cellulaire fort lâche. Ces diverses conditions leur permettent de se séparer facilement; elles le font effectivement lorsqu'on tiraille l'organe, et, si l'on pousse trop loin cette épreuve, la rupture se manifeste toujours entre leurs intervalles.

La contraction de ces organes diffère donc entièrement de celle des muscles de la locomotion. Ceux-ci sont fixés d'une manière invariable à leurs extrémités, et ne peuvent éprouver qu'une seule contraction, ou bien, s'ils en éprouvent un certain nombre, elles sont alternatives, et ramènent

toujours l'organe au même point. Dans les appareils abdominaux, au contraire, c'est au moyen d'une série de contractions que les muscles parviennent à retrouver leur point de repos, et chacune d'elles est employée à faire équilibre à une fraction de la force qui les distend.

Examinons maintenant quelles sont les liaisons qui existent entre les phénomènes que nous venons de passer en revue et le système nerveux. Avant de traiter la question sous un point de vue particulier, nous serons obligés de rappeler quelques données générales bien connues des physiologistes. Dans l'état habituel de l'existence animale, les contractions s'effectuent dans les muscles au moyen d'une influence quelconque exercée sur eux par l'encéphale; mais, dans certaines circonstances accidentelles, on peut arriver au même résultat après avoir supprimé toute communication avec cette partie, et l'on substitue alors une action étrangère à celle que l'organe musculaire recevait antérieurement du cerveau; et, pour ne pas entrer dans des détails inutiles, nous rappellerons ici comme des vérités suffisamment connues que le muscle se contracte : 1°. lorsque son nerf communique librement avec l'encéphale et qu'il existe dans cet organe la volonté de produire une contraction; 2°. lorsqu'on pince le nerf après avoir aboli ses rapports avec le cerveau; 3°. lorsqu'on le fait traverser par le courant d'une pile galvanique; 4°. lorsqu'on le touche avec des réactifs

chimiques actifs, tels que les acides minéraux concentrés, les chlorures d'antimoine, de bismuth, etc.; 5°. lorsqu'on le met en contact avec un corps chaud. Il s'agit d'examiner tous ces cas particuliers avec attention, et de s'assurer s'il n'existe pas entre eux quelque condition de ressemblance qui nous permette de les réunir au moyen d'une seule expression; et comme il est bien évident que la présence du cerveau n'est point nécessaire à l'exercice de la faculté contractile, nous allons en faire abstraction tout de suite, et passer à l'étude des contractions déterminées au moyen de la pile.

Les expériences nombreuses et variées que l'on a tentées peuvent toutes se ramener aisément aux deux principes suivans : si l'on met un des pôles d'une pile galvanique en contact avec le nerf, et l'autre en rapport avec le muscle, ce dernier éprouve des contractions. Il en est de même si l'on fait passer le courant dans une portion du nerf seulement, sans que le muscle y soit intéressé. Nous reviendrons plus bas sur la seconde proposition, et nous nous bornerons pour le moment à faire usage de la première. L'expérience qu'elle représente consiste donc à conduire un courant galvanique au travers du nerf et du muscle; et pour nous former une idée nette de la marche de ce fluide, il est nécessaire d'étudier de plus près les rapports qui existent entre ces deux organes. Nous connaissons déjà la structure du muscle; il nous reste à mettre en évidence l'organisation du nerf et sa distribution.

Les nerfs présentent, à l'œil nu, une apparence satinée, dont Fontana a donné le premier une histoire complète et exacte. Elle est très-nette, surtout dans ceux du chat, du lapin, du cochon d'Inde, de la grenouille, etc. Lorsqu'on les examine avec un grossissement de 10 à 15 diamètres seulement, on voit alors sur leur surface des bandes alternativement blanches et obscures, qui simulent, dans beaucoup de cas, d'une manière frappante, les contours d'une spirale serrée qui serait située sous le névrilème. Nous avions cru même pendant long-temps que leur organisation était telle, et ce n'est que par une suite d'expériences variées, contradictoires à cette opinion, que nous nous sommes déterminés à la soumettre à un nouvel examen. Nous avons pu nous convaincre alors que cette apparence, comme celle des tissus tendineux, était due à un petit plissement des fibres du névrilème, qui perd sa transparence dans certaines parties et la conserve dans les autres. Celles qui sont devenues opaques réfléchissent toute la lumière qui arrive sur leur surface; les autres la laissent au contraire passer en quantité suffisante pour éclairer les corps colorés qu'on place sous le nerf. Dès qu'on essaie de tirailler celui-ci, toute cette apparence s'évanouit, et si l'on fend le névrilème, on ne trouve rien qui la rappelle. Elle ne mériterait donc aucune attention si elle ne présentait un critérium très-sûr pour reconnaître les petits filets nerveux et les rendre

faciles à distinguer des vaisseaux sanguins ou lymphatiques. Mais lorsqu'on prend un nerf, et qu'après avoir divisé longitudinalement son névrilème, on étale sous l'eau la matière pulpeuse intérieure, on la trouve composée d'un très-grand nombre de petits filamens parallèles, égaux en grosseur, et qui semblent continus dans toute la longueur du nerf; du moins ne les voit-on jamais se diviser ni se réunir, quelle que soit la partie qu'on examine. Ces filamens sont plats et composés de quatre fibres élémentaires disposées à-peu-près sur le même plan, ce qui leur donne l'aspect de rubans. Celles-ci sont elles-mêmes formées de globules comme à l'ordinaire, et présentent une circonstance remarquable, en ce que les deux extérieures sont celles qui se distinguent le mieux. Les séries moyennes ne se laissent voir que de temps en temps, sans doute parce que la pression qu'elles éprouvent fait disparaître la ligne qui dessine les globules dont elles sont composées. Le nombre de ces fibres nerveuses secondaires est très-considérable, ainsi que le montre le calcul suivant, quand bien même on se refuserait à regarder les données de l'observation comme rigoureuses. Supposons que chaque fibre nerveuse élémentaire occupe dans la section du nerf un trois-centième de millimètre carré, nous en aurons quatre-vingt-dix mille pour chaque millimètre carré. Mais nous savons que les fibres nerveuses secondaires renferment quatre fibres élémentaires : il devra

donc s'en trouver vingt-deux mille cinq cents dans le même espace, ou bien environ seize mille, pour un nerf cylindrique de un millimètre de diamètre, tel que le crural de la grenouille, par exemple.

Si l'on examine un nerf à son entrée dans le muscle, et qu'on le suive attentivement, on le verra se ramifier d'abord d'une manière peu régulière en apparence, si ce n'est toutefois qu'on s'apercevra d'une tendance marquée dans les rameaux à se diriger perpendiculairement aux fibres musculaires. Cette observation peut se faire aisément sur tous les muscles, ceux du boeuf, du chat, etc.; mais elle exige dans ce cas des précautions d'éclairement qui la rendent pénible et fatigante. Il est au contraire très-aisé de la répéter sur les muscles minces de la grenouille, dont nous avons déjà fait si souvent usage, et elle n'est alors accompagnée d'aucune fatigue, à cause de leur transparence qui permet de les observer par transmission. Après avoir ainsi poursuivi l'une des branches nerveuses aussi loin que le permettent l'observation à l'œil nu et celle qu'on peut faire à l'aide d'une loupe, il devient aisé de fixer le point auquel on a été forcé de s'arrêter, et de continuer l'examen en s'armant de grossissemens plus forts. Il peut se présenter deux cas : le premier est celui où le nerf se dirige parallèlement aux fibres, le second est celui où sa marche les coupe à angle droit. Dans l'un et l'autre, il montre, au moyen d'un grossissement de deux ou trois

cents diamètres, un aspect tout particulier, qui ne permet pas de le confondre avec aucune autre partie du muscle. En effet, à mesure que le nerf arrive ainsi à ses dernières ramifications, il s'élargit, et ses fibres secondaires se séparent, s'étalent précisément comme dans le cas où il a été dépouillé de son névrilème. Ce petit tronc nerveux offre alors l'aspect d'une nappe fibreuse, dont on voit se séparer de temps à autre quelques filets qui se jettent dans le muscle perpendiculairement à ses propres fibres. Mais ici il arrive plusieurs circonstances possibles qui mènent toutes au même résultat, bien qu'elles soient fort différentes entre elles. Tantôt ce sont deux troncs nerveux parallèles aux fibres du muscle, qui cheminent à quelque distance l'un de l'autre, et se transmettent mutuellement de petits filets qu'on voit passer au travers de l'espace musculaire qui les sépare, en le coupant à angle droit. Tantôt le tronc nerveux est déjà lui-même perpendiculaire aux fibres du muscle, et les filets qu'il fournit s'épanouissent en conservant cette direction, parcourent l'organe, et reviennent sur eux-mêmes en forme d'anse. Mais, dans tous les cas, on observe deux conditions qui paraissent constantes: la première, c'est que les extrêmes ramifications nerveuses se dirigent parallèlement entre elles et perpendiculairement aux fibres du muscle; la seconde, c'est qu'elles retournent dans le tronc qui les a fournies, ou bien qu'elles vont s'anastomoser

dans un tronc voisin. Mais, dans tous les cas, il paraît bien certain qu'elles n'ont pas de terminaison, et que leurs rapports sont les mêmes que ceux des vaisseaux sanguins. Ce résultat est le premier de ce genre, et, jusqu'à présent, aucune considération anatomique ou physiologique n'avait porté à le soupçonner. Nous verrons pourtant plus tard avec quelle facilité il se lie à des faits d'un autre ordre.

Que l'on fasse passer maintenant un courant galvanique au travers d'un muscle examiné de cette manière, et l'on verra que les sommets des angles correspondent précisément au passage de ces petits filamens nerveux. On conçoit qu'avant d'admettre ce fait, nous l'avons soumis à toutes les vérifications qu'il nous a été possible d'imaginer, et ce n'est qu'après avoir répété et varié nos expériences à l'infini, que nous avons cru pouvoir l'adopter. Toutes les préparations ne réussissent pas; mais on trouve dans les muscles délicats de la mâchoire inférieure de la grenouille les meilleurs échantillons qu'on puisse désirer.

Il devient donc très-probable que ce sont les nerfs qui se rapprochent et déterminent ainsi le phénomène de la contraction. Maintenant, quelle est la cause qui les force à s'avancer l'un vers l'autre? C'est ce que la nature des agens physiques propres à réveiller l'irritabilité musculaire semble avoir voulu nous indiquer d'avance. Il est impossible de méconnaître ici l'application de la belle

loi découverte par M. Ampère, et il nous reste seulement à chercher jusqu'à quel point elle est applicable. Si deux courans s'attirent lorsqu'ils vont dans le même sens, il suffira de supposer que le nerf transmet le fluide galvanique plus aisément et en quantité plus considérable que la matière musculaire elle-même, ce qui est bien d'accord avec l'expérience, pour se former une idée nette du phénomène dont nous nous occupons. En effet, si nous interposons un muscle entre les pôles d'une pile, il se trouvera traversé par le fluide, mais d'une manière inégale, à cause de la meilleure faculté conductrice du nerf. Les rameaux de celui-ci se trouvant parallèles entre eux, et placés à de très-petites distances, s'attireront réciproquement, et détermineront ainsi la flexion de la fibre et le raccourcissement du muscle.

En admettant la réalité de cette opinion, on concevra facilement que le muscle vivant se trouve être un véritable galvanomètre, et la petite distance qui sépare les branches conductrices d'une part, et leur ténuité de l'autre, concourent à lui donner une sensibilité extraordinaire. Nous allons maintenant le considérer sous ce point de vue, et comparer les phénomènes de la contraction musculaire avec les expériences électro-motrices dont la physique s'est enrichie dans ces derniers temps.

Tout le monde connaît les belles expériences faites par les physiciens italiens sur les contractions produites par le contact des matières hétérogènes,

et l'on a, plus que jamais, aujourd'hui de bonnes données pour assurer qu'elles sont dues au passage d'un petit courant galvanique. Mais, au milieu de tous ces résultats on remarque celui que M. de Humboldt a si bien constaté, et dans lequel les contractions se manifestent au moment où la communication entre le nerf et le muscle se trouve établie au moyen d'un arc métallique homogène. On l'explique généralement en supposant que le métal et le muscle se mettent dans des états électriques contraires, et que la neutralisation des deux fluides s'opère au travers du nerf. Voici ce que l'expérience prouve.

Si l'on adapte aux deux bouts des branches du galvanomètre de Schweigger des lames de platine semblables, que l'on fixe autour de l'une d'elles une masse musculaire de quelques onces, récemment enlevée d'un animal vivant, et qu'on les plonge alors dans du sang ou de l'eau légèrement salée, l'aiguille aimantée se déviera et le courant ira du métal au muscle.

Il paraît donc que la manière de voir qu'on avait adoptée est d'accord avec l'expérience, et nous pouvions regarder cette méthode comme un excellent moyen de comparaison entre le galvanomètre de Schweigger et la grenouille. En effet, si nous armons les muscles et les nerfs de l'animal avec des portions du fil qui forme le galvanomètre, et qu'on amène ensuite les deux bouts de l'appareil au contact des armatures, les contractions seront

vives et fréquentes. L'aiguille aimantée ne changera pourtant pas de situation dans le plus grand nombre des cas; et si quelquefois on croit apercevoir des oscillations légères, elles ne servent qu'à prouver encore mieux le défaut de sensibilité de l'instrument.

D'ailleurs, l'animal perçoit avec force tous les courans que le galvanomètre indique lui-même. L'action d'un métal incandescent sur un métal froid, celle d'un alcali sur un acide, celle de deux fils oxidables plongés dans un acide d'une manière inégale, toutes sont vivement signalées par la grenouille. Cependant il est bien certain que si l'on ne possédait pas le galvanomètre, il serait impossible d'offrir une analyse exacte de ces divers phénomènes, puisque la grenouille n'indique pas le sens du courant.

Nous voyons bien, dans tout ce qui précède, l'efficacité du fluide électrique pour amener les contractions musculaires, et nous savons, par d'autres expériences, qu'il est indispensable que ce fluide soit en mouvement. Que l'on approche en effet une grenouille préparée et isolée du plateau chargé d'un électrophore, les nerfs seront attirés vivement comme tous les corps légers, la grenouille donnera des signes très-prononcés d'électricité libre; mais les contractions ne se manifesteront qu'au moment où l'on tirera l'étincelle. Ainsi, toutes les fois que le courant galvanique traverse un muscle vivant, les contractions de cet

organe accusent son passage. Il s'agit maintenant de montrer que dans tous le cas où les contractions se produisent, il existe aussi un développement d'électricité. Haller et ses disciples employaient comme excitans l'acide sulfurique ou nitrique concentrés, le chlorure d'antimoine, les métaux rouges de feu, enfin la pression ou la piqûre, qui sont évidemment deux phénomènes identiques. Nous allons examiner toutes ces conditions d'irritabilité.

Adaptons à cet effet deux fils de platine identiques aux extrémités des branches du galvanomètre; plongeons l'un d'eux dans les muscles de la grenouille, et touchons les nerfs de l'animal avec l'autre, après l'avoir chauffé au rouge; les contractions seront vives et la déviation de l'aiguille très-sensible. Ces deux phénomènes se reproduiront, mais avec moins d'intensité, si le métal rouge est porté sur les muscles.

Substituons maintenant à l'un de ces fils une coupe de platine remplie d'acide nitrique, et fixons à l'autre un fragment de nerf, ou de muscle, ou de cerveau : à chaque contact l'aiguille sera déviée et le courant ira de l'acide à la matière animale. On obtiendra des effets analogues au moyen du chlorure d'antimoine.

Quant à la pression, ou à la piqûre, qui n'en est qu'une modification, nous n'avons pu, dans ce genre d'expériences, accuser l'électricité qu'elles doivent exciter; mais les belles découvertes de

M. Becquerel ne laissent aucune incertitude sur ce point; et les difficultés que nous avons éprouvées tiennent à des conditions qui rendent nécessaires des modifications dans l'appareil.

D'ailleurs, nous savions, par d'autres essais entrepris dans le courant de l'hiver dernier, que, par la pression la plus légère, deux matières animales vivantes se constituent dans des états électriques contraires. Il suffit que deux personnes isolées se touchent la main pour qu'elles se retirent du contact avec un excès d'électricité libre suffisant pour dévier l'électroscope de Coulomb.

Il est bon de remarquer que la plupart de ces effets ne sont point liés à l'état de vie; mais il est bien évident que lorsque la mort a frappé les organes qu'on soumet à ce genre d'action, la faculté conductrice des nerfs a pu être modifiée essentiellement. Il est même possible que ce soit là la seule condition qui détermine l'irritabilité des muscles, sans quoi l'on aurait peine à concevoir pourquoi le courant galvanique, par exemple, ne produirait pas toujours le rapprochement de leurs branches nerveuses. Mais l'arrangement des tissus est si délicat que lorsque la matière abandonnée à elle-même se trouve soustraite à la puissance qui l'avait organisée, elle doit perdre en peu de temps les propriétés dont elle avait été douée.

On pourrait craindre que cette hypothèse ne fût point susceptible de se prêter à toutes les circonstances de la contraction; mais au moyen des

résultats consignés dans notre Mémoire, cette notion peut s'obtenir avec une grande facilité. En effet, nous avons fait usage d'un grossissement de 45 diamètres, et nous avons trouvé 172,5 millimètres pour la longueur d'une fibre musculaire susceptible de fournir huit angles de flexion. En supposant les côtés de ces angles égaux entre eux, supposition conforme à l'expérience, comme nous l'avons prouvé dans notre Mémoire, nous trouvons $\frac{172,5^{mm.}}{45} = 3,83^{mm.}$, et $\frac{3,83^{mm.}}{16} = 0,24^{mm.}$; nous avons donc 0,24 pour la longueur de chacun des côtés. Prenons-en deux, et, complétant le triangle, nous en formerons un triangle isocèle, dans lequel le côté opposé à l'angle de flexion exprimera la distance réelle des extrémités de la fibre ainsi fléchie. Il ne s'agit donc que de connaître la valeur de l'angle de flexion, et d'en déduire celle de ce côté. Prenons d'abord le cas fourni par l'expérience, et nous aurons un angle sensiblement droit, puisque ceux que nous avons déterminés plus haut varient entre 80 et 110°. Au moyen de ces données, on trouve 0,34 pour la longueur du côté opposé; l'expérience avait fourni $\frac{130^{mm.}}{45} = 2,88^{mm.}$, et $\frac{2,88^{mm.}}{8} = 0,36^{mm.}$. La différence, comme on voit, n'est pas sensible pour des déterminations de cette espèce.

Nous joignons ici un tableau destiné à montrer les raccourcissemens correspondant à des angles donnés.

Longueur des deux fibres qui forment l'angle.	mm.	raccourcissement.
	0,480 = 100	0
Angle, 90° côté opposé,	0,339 = 70	0,30
60°	0,240 = 50	0,50
45°	0,184 = 38	0,62
30°	0,124 = 25	0,75
15°	0,062 = 13	0,87

On voit par là que notre hypothèse peut se prêter théoriquement aux conditions les plus énergiques de la contraction musculaire; et s'il existe quelquefois des obstacles au raccourcissement du muscle, ils proviennent, comme nous l'avons dit précédemment, de la disposition mécanique de ses fibres, et non point du principe en vertu duquel elles se fléchissent.

D'ailleurs, en ce qui concerne l'état d'isolement dans lequel se trouvent les fibres nerveuses, il est produit par cette matière grasse abondante dont nous devons la connaissance aux travaux de M. Vauquelin. Elle entoure chacune des fibres, et ne permet pas au fluide électrique de passer de l'une à l'autre.

Outre cette disposition, qui a lieu dans l'intérieur du nerf, sous le névrilème, il y a toujours, autour du tronc nerveux lui-même et à l'extérieur de son enveloppe, une autre couche graisseuse, qui se montre jusque dans ses plus petites ramifications. On conçoit qu'au moyen de ces précautions, le fluide électrique qui est arrivé dans le nerf ne peut plus se dévier pour prendre une autre route.

Les particularités de la contraction musculaire se trouvent expliquées de la sorte au moyen d'une action mécanique entre les branches nerveuses qui se distribuent dans le muscle. Mais jusqu'ici nous avons plutôt envisagé les effets résultant d'une action étrangère sur l'économie animale; il nous reste à montrer que dans les appareils organiques il se manifeste des phénomènes intérieurs des réactions d'un organe sur les organes voisins qui peuvent aussi recevoir quelque lumière si l'on fait usage des notions physiques qui nous sont connues.

Dès l'instant où la chimie a commencé à acquérir une exactitude analytique suffisante, on a soumis à l'examen la plupart des liquides qui se rencontrent dans les animaux. Nous n'entrerons pas ici dans le détail des matières diverses qu'on y a rencontrées; nous nous arrêterons seulement sur quelques points de vue qui suffisent à notre objet.

Le système sanguin est rempli par un fluide dont nous avons déjà parlé sous plus d'un rapport; mais ce fluide présente une quantité de soude caustique libre assez considérable pour lui donner des propriétés alcalines manifestes. Or, la plupart des matières séparées du sang par les organes sécréteurs diffèrent entièrement de lui sous ce rapport. Les unes, telles que la bile, la salive, sont alcalines aussi; mais elles renferment, relativement à la quantité de matière animale qu'on y trouve, une proportion de soude incontestablement

plus considérable que celle du sang. Les autres, telles que le lait, le chyme, sont au contraire toujours acides, et doivent cette propriété à la présence des acides lactique, phosphorique, etc., qui se rencontrent aussi dans le sang, mais qui s'y trouvent neutralisés par des bases alcalines. Enfin, l'urine et la sueur, dans l'état de santé, peuvent s'offrir sous deux conditions différentes. Elles sont généralement acides et quelquefois neutres. Ce que nous appelons sueur, dans l'acception ordinaire du mot, est toujours acide; mais le liquide qui s'évapore continuellement de la peau présente, si on le recueille, des propriétés analogues à celles de l'eau qui accompagne l'air à sa sortie des poumons, c'est-à-dire qu'ils ne sont ni l'un ni l'autre acides ou alcalins, et que leur analyse ne montre qu'une petite proportion de matière animale accompagnée de quelques traces d'hydro-chlorates alcalins. L'urine est toujours acide dans l'état de santé; mais ce caractère devient presque nul si l'individu chez lequel on l'examine a bu une grande quantité d'eau quelques heures auparavant.

Mais il est évident que, sans entrer ici dans les détails des variations que les diverses sécrétions peuvent nous offrir, il nous suffit d'établir qu'elles diffèrent du liquide dont elles sont extraites par leur acidité ou leur alcalinité, et que cette différence est constante.

Si nous cherchons parmi les faits connus en

chimie une explication propre à nous satisfaire sur ce point important, nous ne tarderons pas à nous convaincre que l'action de la pile voltaïque est la seule qui puisse lui être comparée. Cet appareil est le seul qui jouisse de la faculté de séparer d'un liquide homogène les matières acides ou alcalines qu'il renfermait à l'état de neutralité saline. Or, comme l'action sécrétoire est absolument telle, nous avons quelque raison de la rapporter à cet ordre d'effet.

Bien plus, c'est qu'il paraît possible d'imiter artificiellement les conditions principales des sécrétions, et de séparer du sang, au moyen de la pile, un liquide analogue au lait, et des alimens eux-mêmes une matière semblable au chyme.

Ces faits et beaucoup d'autres de même nature se trouveraient sans doute bien placés ici; mais leur intelligence exigerait des détails que la forme de cet ouvrage ne comporte pas. Il nous suffit de poser en fait que l'emploi des forces électriques explique pleinement et d'une manière satisfaisante, les propriétés qui caractérisent les diverses sécrétions. D'ailleurs, ce point de vue nous éclaire beaucoup sur leur équilibre mutuel, et nous indique l'influence qu'elles peuvent exercer l'une sur l'autre. En effet, les sécrétions acides ne peuvent se manifester sans qu'il n'en résulte en même temps une sécrétion alcaline correspondante, et les causes qui augmentent ou diminuent les unes doi-

vent aussi produire des effets analogues sur les autres.

Nous recommandons ce point de vue aux médecins, en ce qu'ils peuvent trouver dans son application des vues précieuses relativement à l'emploi de divers médicamens. Plusieurs d'entr'eux agissent trop évidemment sur les fonctions sécrétoires, et en troublent trop clairement l'équilibre pour que leur action ne doive pas en grande partie être attribuée à cet effet particulier. Nous nous contenterons de citer le mercure pour la bile et la salive, les diurétiques pour les fonctions urinaires, etc.

Dans cette esquisse rapide nous n'avons pu faire entrer toutes les particularités de l'économie animale qui doivent se rapporter aux forces électriques, tous les faits qui pourraient venir à l'appui du point de vue que nous avons embrassé. Mais nous ne terminerons pas ce chapitre sans remarquer que, si le mouvement musculaire et les sécrétions peuvent être envisagés comme dus à des mouvemens électriques, la chaleur animale se trouverait par cela seul convenablement expliquée; car il est connu des physiciens que le fil conducteur s'échauffe considérablement pendant l'action de la pile, et M. de la Rive, savant professeur de chimie à Genève, a eu le premier l'heureuse idée de rapporter à la même cause les phénomènes de la chaleur animale.

Ainsi ce puissant agent se trouverait de la sorte capable de réunir diverses fonctions de la vie sous une même loi, et nous devons espérer que l'attention des physiologistes, réveillée par les découvertes nombreuses et importantes des physiciens, excitée par la grandeur des résultats que l'on peut entrevoir déjà, ne tardera point à produire des recherches dirigées vers ce but si digne de notre curiosité.

TABLEAUX

DES

PRINCIPALES SÉRIES D'EXPÉRIENCES.

TABLEAU *des Pertes de poids des Grenouilles.*

A L'AIR.				DANS LE SABLE.	
NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	POIDS avant L'EXPÉRIENCE.	PERTES.	POIDS avant L'EXPÉRIENCE.	PERTES.
		gram.	gram.	gram.	gram
1		25,105	2,391	18,962	1,752
2		18,696	5,417	21,883	1,859
3	24h.	45,466	10,836	20,077	2,444
4		39,358	8,711	15,616	3,506
5		35,462	9,295	16,094	2,444
6	48h.	25,105	5,736	18,909	2,071
7	72h.	25,105	7,649	45,838	3,824
8		23,105	7,649	15,085	1,221
9	96h.	19,440	7,223	37,924	2,391
10		α	α	37,924	1,965
11		19,918	4,833	20,608	1,487
12	120h.	33,569	11,048	18,962	3,877
13		42,226	15,244	17,794	2,071
14		35,692	4,461	18,909	2,550

A. *Tableau des Pertes de poids des Grenouilles.*

	A L'AIR.		DANS LE VIDE.	
DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	POIDS avant L'EXPÉRIENCE.	PERTES.	POIDS avant L'EXPÉRIENCE.	PERTES.
1$^{h.}$ 55′	18$^{gram.}$,378	0$^{gram.}$,372	31$^{gram.}$,806	1$^{gram.}$,018
	22 ,839	0 ,266	22 ,202	1 ,062
	»	»	23 ,052	0 ,965
1$^{h.}$ 30′	20 ,502	0 ,398	21 ,246	0 ,600
	22 ,520	0 ,372	21 , 40	2 ,841
	24 ,274	0 ,478	26 , 09	0 ,823
	Des Salamandres.			
2$^{h.}$ 45′	6 ,915	0 ,212	6 ,427	0 ,769
	5 ,842	0 ,238	8 ,259	0 ,557

B. *Durée de la Vie des Grenouilles asphyxiées comparativement dans le vide et dans l'eau.*

DANS LE VIDE.		DANS L'EAU.	
NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	DURÉE de LA VIE.	NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	DURÉE de LA VIE.
1	1$^{h.}$ 55′	1	3$^{h.}$ 15′
2	1$^{h.}$ 55′	2	3$^{h.}$ 45′
3	3$^{h.}$ 15′	3	6$^{h.}$
4	1$^{h.}$ 30′	4	2$^{h.}$ 45′
5		5	2$^{h.}$ 45′
6		6	2$^{h.}$ 48′
	Salamandres.		
1	2$^{h.}$ 45′	1	6$^{h.}$ 45′
2	2$^{h.}$ 45′	«	«

TABLEAU *des Fluctuations de la transpiration qui ont lieu d'heure en heure.*

GRENOUILLES,

Pesées d'heure en heure.

N° 1, pesant 60gram.,2.		N° 2, pesant 80gram.,0.	
A perdu............	0,6	A perdu.............	0,9
	0,2		0,7
	0,7		0,2
	0,3		0,7
	0,45		0,5
	0,45		0,8
	0,2		0,6
	0,4		0,7
	0,4		0,4

N° 3, pesant 43,0.		N° 4, pesant 47,3.	
A perdu............	0,3	A perdu.............	0,3
	0,9		0,2
	0,8		0,8
	0,3		0,1
	0,1		0,1
	0,1		0,5
	0,3		0,1
	0,2		0,3
	0,3		0,4

Suite du Tableau précédent.

1°. SUR LES CRAPAUDS COMMUNS,

Pesés d'heure en heure.

N° 1, pesant 26gram.,15.		N° 2, pesant 64gram.,05.	
A perdu............	0,25	A perdu............	0,55
	0,25		0,20
	0,05		0,80
	0,35		0,40
	0,10		0,30
	0,10		0,10
	0,05		0,10
	0,05		0,10
	0,05		0,05
	0,10		0,20
	0,10		0,15

2°. SUR LES SALAMANDRES TRITONS.

N° 1, pesant 10,15.		N° 2, pesant 4,9.	
A perdu............	0,25	A perdu............	0,05
	0,25		0,05
	0,25		0,10
	0,10		0,05
	0,10		0,05
	0,15		0,05
	0,20		0,10
	0,15		0,05
	0,05		0,05
	0,35		0,10
	0,15		0,05

TABLEAU *des Fluctuations de l'évaporation qui ont lieu d'heure en heure :*

1°. Chez les GRENOUILLES mortes,

Pesées d'heure en heure.

N° 1, pesant 47gram.,0.		N° 2, pesant 30gram.4.	
A perdu	0,4 0,6 0,1 0,2 0,5 0,2 0,4	A perdu	0,3 0,3 0,2 0,4 0,5 0,2 0,3

2°. Sur les MORCEAUX DE CHARBON DE BOIS saturés d'eau.

Pesés de 15 heures en 15 heures.

N° 1, pesant 1,77.		N° 2, pesant 1,65.	
A perdu	0,115 0,235 0,060	A perdu	0,13 0,15 0,07

N°. 3, pesant 1,935.

A perdu	0,125 0,225 0,085

TABLEAU *du Décroissement successif de la transpiration, observé de trois heures en trois heures.*

GRENOUILLES,

Pesées de trois heures en trois heures.

Nº 1, pesant 60gram.,2.		Nº 4, pesant 34gram.,2.	
A perdu............	1,5 1,2 1,0	A perdu............	1,8 1,4 1,0
Nº 2, pesant 39,3.		Nº 5, pesant 35,25.	
A perdu............	2,0 1,7 1,1	A perdu............	3,95 1,90 1,30
Nº 3, pesant 36,1.		Nº 6, pesant 41,0.	
A perdu............	1,8 0,85 0,65	A perdu............	2,5 1,6 1,5

TABLEAU *du Décroissement successif de la transpiration, observé de neuf heures en neuf heures.*

GRENOUILLES.

N° 1, pesant 39gram.,3.

Intervalle de 3 h....	2,0 1,7 1,1	Inter. de 9 h..........	4,8
		Inter. de 9 h. de nuit...	4,0
Inter. de 3 h........	1,6 0,6 0,6	Inter. de 9 h..........	2,8

N° 2, pesant 36,7.

Inter. de 3 h.......	1,4 0,2 0,9	Inter. de 9 h..........	2,5
		Inter. de 9 h. de nuit...	1,9
Inter. de 3 h.......	0,6 0,6 0,3	Inter. de 9 h..........	1,5

N° 3, pesant 35,1.

Inter. de 3 h.......	1,9 0,7 0,8	Inter. de 9 h..........	3,4
		Inter. de 9 h. de nuit...	2,7
Inter. de 3 h.......	0,8 0,5 0,5	Inter. de 9 h..........	1,8

TABLEAU *de l'Influence des abris partiels sur la transpiration dans l'air.*

GRENOUILLES placées à l'embrasure d'une fenêtre fermée,

Pesées d'heure en heure.

N° 1, pesant 38gram.,4.		N° 3, pesant 49gram.,5.	
A perdu	0,8	A perdu	0,9
	0,6		0,7
	0,9		0,6
	0,8		0,6
	0,7		0,4
	0,6		0,3
	4,4		3,5

N° 2, pesant 17,5.		N° 4, pesant 39,1.	
A perdu	0,4	A perdu	0,6
	0,5		0,5
	0,4		0,4
	0,4		0,4
	0,2		0,3
	0,3		0,1
	2,2		2,3

Terme moyen des expériences ci-dessus....... 3,1

Nota. Comparez ce tableau avec le suivant.

TABLEAU *de l'Influence de l'air libre sur la transpiration.*

GRENOUILLES placées à l'embrasure d'une fenêtre ouverte,

Pesées d'heure en heure.

N° 1, pesant 45gram.,6.		N° 3, pesant 65gram.,1.	
A perdu.............	5,6	A perdu.............	3,4
	2,6		4,1
	3,0		2,4
	2,5		2,2
	2,3		1,3
	1,5		1,0
	17,5		14,4

N° 2, pesant 31,2.		N° 4, pesant 55,7.	
A perdu.............	3,2	A perdu.............	3,2
	2,0		4,5
	2,5		2,0
	2,5		2,0
	2,0		1,3
	1,0		0,7
	13,2		13,7

Terme moyen des expériences ci-dessus...... 14,7

TABLEAU *de l'Influence de l'air sec et de l'air humide calmes sur la transpiration.*

GRENOUILLES.

AIR SEC.	Pertes.	AIR HUMIDE.	Pertes.
N° 1, pesant 38gram.,3.		N° 1, pesant 32gram.,6.	
En 10 h. (hygromètre 56°.)............	7,5	En 10 h. (hygromètre 100°.)...........	0,7
N° 2, pesant 38,8.		N° 2, pesant 31,6.	
En 10 h. 35′ (hygromètre 58°.)..........	8,4	En 10 h. 35′ (hygromètre 100°.).........	0,8
N° 3, pesant 35,7.		N° 3, pesant 31,6.	
En 21 h. 30′ (hygromètre 54°.)...........	15,1	En 21 h. 30′ (hygromètre 100°.).........	1,9
N° 4, pesant 26,9.		N° 4, pesant 27,3.	
En 6 h. (hygromètre 56°.)............	1,9	En 6 h. (hygromètre 100°.)...........	0,4

TABLEAU *de l'Influence de la température sur la transpiration dans l'air saturé d'humidité.*

GRENOUILLES,

Pesées d'heure en heure.

A zéro.

N° 1, pesant 27gram.,8.

A perdu............	0,3
	0,2
	0,15
	0,15
	0,10
	0,10
	1,00

N° 3, pesant 26gram.,3.

A perdu............	0,3
	0,2
	0,2
	0,1
	0,1
	0,1
	1,0

N° 2, pesant 24,8.

A perdu............	0,4
	0,2
	0,2
	0,1
	0,1
	0,05
	1,05

N° 4, pesant 33,7.

A perdu............	0,6
	0,1
	0,15
	0,15
	1,00

Suite du Tableau précédent.

GRENOUILLES,

Pesées d'heure et heure.

A 10°.

N° 1, pesant 26$^{\text{gram.}}$,1.

A perdu............	0,3
	0,3
	0,1
	0,1
	0,0
	0,05
	0,85

N° 3, pesant 32$^{\text{gram.}}$,7.

A perdu.............	0,5
	0,2
	0,2
	0,2
	0,2
	0,2
	1,5

N° 2, pesant 24,4.

A perdu............	0,4
	0,2
	0,2
	0,2
	0,2
	0,1
	1,3

N° 4, pesant 38,0.

A perdu.............	0,7
	0,2
	0,2
	0,1
	1,2

Suite du Tableau précédent.

GRENOUILLES,

Pesées d'heure en heure.

A 20°.

N° 1, pesant 28gram.,9.

A perdu............ { 0,6 / 0,4 / 0,3 / 0,3 / 0,3 } = 1,9

N° 2, pesant 28gram.,7.

A perdu............ { 0,5 / 0,5 / 0,3 / 0,4 / 0,3 } = 2,0

A 40°.

N° 1, pesant 30,2.

A perdu............ { 1,2 / 1,4 / 1,8 / 1,6 / 1,5 } = 7,5

N° 2, pesant 29,3.

A perdu............ { 1,1 / 1,4 / 1,1 / 0,9 } = 4,5

N° 3, pesant 27,7.

A perdu............ { 1,4 / 1,4 / 1,1 } = 3,9

TABLEAU *de la Marche de l'absorption dans l'eau :*

1°. Comparée sur des GRENOUILLES également éloignées de leur point de saturation.

N° 1, pesant 33$^{gram.}$,9.		N° 2, pesant 32$^{gram.}$,6.	
Ayant perdu à l'air en		Ayant perdu à l'air	
en 21^{h} 35′..........	5,2	en 21^{h} 35′.......	4,0
a gagné dans l'eau :		a gagné dans l'eau :	
en 15′..............	3,9	en 1 h..............	5,9
en 45′..............	2,0	en 3 h..............	4,8
en 3 h..............	4,5	en 4 h..............	10,7
en 4 h..............	10,4		

2°. Sur des GRENOUILLES inégalement éloignées de leur point de saturation.

N° 3, pesant 48,2.

Ayant perdu à l'air

en 4^{h} 35′........ 13,2

a gagné dans l'eau :

en 55′.............. 13,7

Nota. Comparez cette dernière expérience aux deux précédentes.

TABLEAU *des rapports de l'absorption et de la transpiration dans l'eau, sous l'influence des températures de* 0° *et* 30° *cent.*

GRENOUILLES,

Pesées d'heure en heure.

A zéro.

N° 1, pesant 22gram.,8.		N° 2, pesant 26gram.,1.	
A gagné	0,3	A gagné	0,0
	0,3		0,2
	0,2		0,1
	0,1		0,1
A perdu	0,1	A perdu	0,5
	0,8	A gagné	0,2

N° 3, pesant 26,8.

A gagné	0,1
	0,3
	0,2
	0,0
A perdu	0,2
	0,2

N° 4, pesant 30,7.		N° 5, pesant 31,3.	
En 1 heure a gagné	0,1	En 1 heure a gagné	0,3
En 2 heures a gagné	0,1	En 2 heures a gagné	0,2
En 3 heures a gagné	0,5	En 3 heures a gagné	0,5

Suite du Tableau précédent.

GRENOUILLES,

A 30°.

N° 1, pesant 18gram.,4.		N° 2, pesant 25gram.,2.	
En 1 heure a gagné.....	1,1	En 1 heure a gagné.....	0,3
En 2 heures a gagné....	0,2	En 2 heures a gagné....	0,0
En 3 heures a gagné....	0,3	En 3 heures a perdu....	0,2

Pesées d'heure en heure.

N° 3, pesant 29,9.		N° 4, pesant 32,3.	
A perdu............	1,1	A perdu.............	0,1
A gagné............	1,0	A gagné.............	0,7
A perdu............	1,2 0,5	A perdu.............	0,4
		A gagné.............	0,4
A gagné............	0,6 0,2	A perdu.............	1,1 0,5

N° 5, pesant 22,4.

A perdu.............	0,9
A gagné.............	1,7
A perdu.............	1,0 0,6 0,7 0,6

TABLEAU *comparatif des Sommes, des Pertes et des Accroissemens de poids résultant des expériences précédentes à* 0° *et* 30°.

A zéro.

PERTES.		ACCROISSEMENS.
N°. 1	0gram.,9	0gram.,9
2	0 ,5	0 ,6
3	0 ,4	0 ,6
4	0 ,0	0 ,7
5	0 ,0	1 ,0
	1 ,8	3 ,8

A 30°.

PERTES.		ACCROISSEMENS.
N°. 1	0,0	1,6
2	0,2	0,3
3	2,8	1,8
4	2,1	1,1
5	3,8	1,7
	8,9	6,5

TABLEAU *de l'Influence de la température sur la vie des poissons*, de même espèce, *dans l'eau privée d'air.*

Novembre.

VERRON (cyprinus phoxinus).

Dans $0^{\text{lit}},132$ *d'eau non aérée.*

A 40°.

N° 1 ... 2 ...	Ont vécu	quelques secondes.

A 30°.

N° 1 ... 2 ...	Ont vécu	de 2 à 3 min.

A 20°.

N° 1, pes.. $3^{\text{gram.}},1$	Ont vécu	0 h. 45′
2, pes.. 2 ,25		0 h. 54′
	Terme moyen......	0 h. 49′ 30″

A 10°.

N° 1, pes..... 2,0	Ont vécu	2 h. 19′
2, pes..... 2,1		2 h. 23′
	Terme moyen.....	2 h. 21′

A zéro.

N° 1, pes..... 4,0	Ont vécu	4 h. 46′
2, pes..... 3,7		3 h. 59′
	Terme moyen.....	4 h. 22′ 30″

TABLEAU *comparatif de l'Influence de la température de 40° cent. sur la durée de la vie des poissons d'*espèce *et de* genre différens, *dans l'eau privée d'air.*

Novembre.

Dans 1 litre d'eau non aérée.

A 40°.

ABLETTE (cypr. alburnus).

N° 1.......... a vécu.............. 20"

MEUNIER (cypr. jeses).

N° 1.......... a vécu.............. 40"

GOUJON (cypr. gobio).

N° 1, pes....	5gram.,5	ont vécu............	0′ 50″
2, pes....	6 ,8		1′
3, pes....	15 ,5		1′ 10″
		Terme moyen........	1′

BARBILLON (cypr. barbus).

N° 1, pes.... 17,5 a vécu................. 2′

PERCHE (perca fluviatilis).

N° 1, pes.... 12,2 a vécu................. 1′

CARPE (cypr. carpio).

N° 1, pes.... 27,0 a vécu................. 2′

LOT (gadus lota).

N° 1, pes.... 120,5 a vécu................. 2′

TABLEAU *de l'Influence de la ˈpérature de 20°* *la vie des poissons*, de m ,ée *de la vie des* *l'eau privée d'air.* genre différens *dans*

Novembre.

VERRON (

, litre d'eau non aérée.

D A 20°.

N° 1.. AN DE RIVIÈRE (cypr. alburnus).
2.
...... $6^{gram.}$,6 a vécu.......... 1 h. 17'

GOUJON (cypr. gobio).

pes......... 5,1 a vécu.......... 2 h. 19'

BOUVIÈRE (cypr. amarus).

N° 1.................	ont vécu.......	6 h. 26'
2.................		5 h. 55'
	Terme moyen...	6 h. 10' 30"

A 10°.

ÉPERLAN DE RIVIÈRE (cypr. alburnus).

N° 1, pes......... 5,4 a vécu.......... 4 h. 27'

GOUJON (cypr. gobio).

N° 1, pes......... 4,0 a vécu.......... 9 h. 45'

Durées progressives de la vie de *même espèce, en augmentant les* *aérée, la température restant*

ABLETTE (cypr. alburnus).

Dans 0 lit. 2 *d'eau aérée.*

N° 1	Ont vécu	0 h. 39′
2		0 h. 39′
3		0 h. 45′
4		0 h. 46′
	Terme moyen	0 h. 32′ 45″

Dans 1 *litre.*

N° 1	Ont vécu	0 h. 48′
2		0 h. 49′
3		1 h.
4		1 h. 13′
	Terme moyen	0 h. 57′ 40″

Dans 2 *litres.*

N° 1	Ont vécu	1 h. 06′
2		1 h. 16′
	Terme moyen	1 h. 11′ »»

Dans 3 *litres.*

N° 1	Ont vécu	1 h. 25′
2		2 h. 46′
	Terme moyen	2 h. 05′ 30″

TABLEAU ***de l'Influence de la température de 20° et de 10° cent. sur la durée de la vie des poissons d'espèce et de genre différens dans l'eau privée d'air.***

Novembre.

Dans 1 litre d'eau non aérée.

A 20°.

ÉPERLAN DE RIVIÈRE (cypr. alburnus).

N° 1, pes...... 6gram.,6 a vécu.......... 1 h. 17′

GOUJON (cypr. gobio).

N° 1, pes......... 5,1 a vécu.......... 2 h. 19′

BOUVIÈRE (cypr. amarus).

N° 1.................. } ont vécu....... { 6 h. 26′
2.................. } { 5 h. 55′

Terme moyen... 6 h. 10′ 30″

A 10°.

ÉPERLAN DE RIVIÈRE (cypr. alburnus).

N° 1, pes......... 5,4 a vécu.......... 4 h. 27′

GOUJON (cypr. gobio).

N° 1, pes......... 4,0 a vécu.......... 9 h. 45′

TABLEAU *des Durées progressives de la vie de poissons de même espèce, en augmentant les proportions d'eau aérée, la température restant la même.*

Tre. de l'eau, 21°.

ABLETTE (cypr. alburnus).

Dans 0lit.2 *d'eau aérée.*

N° 1	Ont vécu	0 h. 39′
2		0 h. 39′
3		0 h. 45′
4		0 h. 46′
	Terme moyen	0 h. 32′ 45″

Dans 1 *litre.*

N° 1	Ont vécu	0 h. 48′
2		0 h. 49′
3		1 h.
4		1 h. 13′
	Terme moyen	0 h. 57′ 40″

Dans 2 *litres.*

N° 1	Ont vécu	1 h. 06′
2		1 h. 16′
	Terme moyen	1 h. 11′ »»

Dans 3 *litres.*

N° 1	Ont vécu	1 h. 25′
2		2 h. 46′
	Terme moyen	2 h. 05′ 30″

TABLEAU *des Durées progressives de la vie de poissons de même espèce en abaissant la température, la quantité d'eau aérée restant la même.*

Novembre.

Dans 0lit.,132 *d'eau aérée.*

A 20°.

VERRO (cyp. phoxinus).

Pesant 3,45..... a vécu.................. 1 h. 50'.

A 10°.

Pesant 2,5...... a vécu.................. 2 h. 56'.

A 5°.

Pesant 4,5...... a vécu.................. 4 h. 4'.

A zéro.

Pesant » ...... a vécu........... plus de 12 h.

Tableau *de l'Influence de l'atmosphère sur les poissons, sous les rapports de la transpiration et de la durée de la vie.*

Tre. ext., 15°.

GOUJON (cyp. gobio).

N° 1, p.	14,72	Ont perdu..	1,115	Ont vécu.	4h. 16′
2, p.	6,22		0,49		3h. 2′

MEUNIER (cyp. jeses).

N° 1, p. 11,37. a perdu.... 0,67. a vécu.. 7h. 42′

ABLETTE (cyp. Alburnus).

N° 1, p. 5,23. a perdu.... 0,3. a vécu.. 2h. 24′

EPERLAN DE RIVIÈRE (cyp. alburnus).

N° 1, p. 3,58. a perdu.... 0,3. a vécu.. 3h. 1′

TABLEAU *de l'Influence de l'atmosphère sur la vie des poissons, les opercules étant fermés ou ouverts.*

Tre. ext., 15°.

ABLETTE (cyp. alburnus).

OPERCULES FERMÉS.			OPERCULES OUVERTS.
N° 1	Ont vécu...	10′	
2		12′	
3		23′	
4		12′	
Terme moyen..		14′ 15″	N° 1. a vécu... 2 h. 24′

ÉPERLAN DE RIVIÈRE (cyp. alburnus).

N° 1	Ont vécu...	37′	
2		24′	
3		34′	
4		24′	
5		22′	
6		18′	
Terme moyen..		26′ 30″	N° 1. a vécu... 3 h. 1′

TABLEAU *de l'Influence de l'atmosphère sur les Têtards, sous le rapport de la transpiration et de la durée de la vie.*

Tre. ext., 16°.

1°. TRANSPIRATION.

TÊTARDS DE GRENOUILLES,

Pesés d'heure en heure.

N° 1, pesant 0gram.,77.		N° 3, pesant 0gram.,70.	
A perdu.........	0,09 0,04 0,04 0,03	A perdu...........	0,07 0,06 0,04 0,04
	0,20		0,21

N° 2, pesant 1,03.		N° 4, pesant 0,56.	
A perdu.........	0,09 0,07 0,07 0,03	A perdu...........	0,8 0,045 0,055 0,03
	0,26		0,21

2°. DURÉE DE LA VIE.

Les 4 ont vécu............................ 4 h.

TABLEAU *de l'Influence des abris partiels sur la transpiration des lézards.*

Tre. ext., 17°.

LÉZARDS GRIS, placés à l'embrasure d'une fenêtre fermée.

Pesés d'heure en heure.

N° 1, pesant 3gram.,71.		N° 3, pesant 5gram.,95.	
A perdu	0,03	A perdu	0,04
	0,01		0,01
	0,01		0,01
	0,01		0,02
	0,01		0,01
	0,01		0,01
	0,08		0,10

N° 2, pesant 3,5.		N° 4, pesant 4,0.	
A perdu	0,03	A perdu	0,03
	0,02		0,02
	0,01		0,02
	0,02		0,01
	0,01		0,01
	0,01		0,01
	0,10		0,10

Décroissement de trois heures en trois heures.

N° 1	0,05 0,03	N° 3	0,06 0,04
N° 2	0,06 0,04	N° 4	0,07 0,03

Nota. Comparez ce Tableau avec le suivant.

TABLEAU *de l'Influence de l'air libre sur la transpiration des lézards.*

Tre. ext. 17°.

LÉZARDS GRIS, placés à l'embrasure d'une fenêtre ouverte,

Pesés d'heure en heure.

N° 1, pesant 3gram.,1.		N° 3, pesant 3gram.,4.	
A perdu.........	0,06 0,04 0,03 0,04 0,04 0,04	A perdu............	0,05 0,05 0,03 0,03 0,02 0,02
	0,25		0,20

N° 2, pesant 3,7.		N° 4, pesant 5,9.	
A perdu.........	0,05 0,05 0,04 0,02 0,02 0,01	A perdu............	0,10 0,03 0,02 0,03 0,02 0,02
	0,19		0,22

Décroissement de trois heures en trois heures.

N° 1.............	0,13 0,12	N° 3..............	0,13 0,07
N°. 2...........	0,14 0,05	N° 4...............	0,15 0,07

TABLEAU *de l'Influence de l'état hygrométrique de l'air sur la transpiration des lézards.*

T^re. ext. 17°.

1°. LÉZARDS GRIS.

AIR SEC.		AIR HUMIDE.	
N° 1, pesant 2^gram.,8.		N° 1, pesant 3^gram.,63.	
En 36 h. a perdu..	0,75	En 36 h. a perdu.....	0,05
N° 2, pesant 3,75.		N° 2, pesant 3,43.	
En 36 h. a perdu..	0,77	En 36 h. a perdu.....	0,06
N° 3, pesant 5,32.		N° 3, pesant 4,9.	
En 36 h. a perdu..	0,62	En 36 h. a perdu......	0,04

2°. COULEUVRES A COLLIER.

AIR SEC.		AIR HUMIDE.	
N° 1, pesant 81,5.		N° 1, pesant 94,5.	
En 72 h. 50′ a perdu.	5,8	En 18 h. a perdu......	0,0
		En 54 h. 5′ a gagné...	1,0
N° 2, pesant 207,0.			
En 9 j. a perdu....	13,5		
....		....	
....		....	

TABLEAU *des accroissemens et des pertes de poids que les couleuvres subissent dans l'eau.*

COULEUVRES A COLLIER.

N° 1, pesant 103gram.,5.

En 48 h.	A perdu	4,5
24	A perdu	0,0
24	A perdu	0,0
72	A perdu	2,5
28 j.	A perdu	20,5

N° 2, pesant 173,2.

En 48 h.	A perdu	0,0
24	A perdu	0,2
24	A perdu	0,0
72	a gagné	0,4
28 j.	a perdu	3,6

TABLEAU *de l'Influence de la température sur la durée de la vie des lézards dans l'eau.*

LÉZARDS GRIS.

Eau à 40°.

Terme moyen .... 6′

Eau à 30°.

Terme moyen de 4 expériences.......... 42′ 15″.

Eau à 20°.

Terme moyen de 18 expériences......... 1 h. 40′ 30″.

Eau à 10°.

Terme moyen de 8 expériences.......... 2 h. 5′ 22″.

Eau à zéro.

Terme moyen de 2 expériences.......... 5 h. 13′ 30″.

TORTUES.

Eau à 24°.

Nos 1, 2 } Ont vécu....................... 14 m. 3′.

Eau à zéro.

N° 3 A vécu.................. 5 jours 22 h.

Tableau *de l'Influence de la température extérieure sur celle des animaux à sang chaud nouveau nés.*

T^re^. ext. 13°.

PETITS CHIENS de 24 h. de la même portée, de forte race.

N° 1, t^re^. prim., 37°,75.

De 10 en 10 m. a baissé de......	2°,15
	0,6
	1,88
	0,62
	0,15
	1,75
	0,6
	0,5
	0,13
	0,60
	0,67
	0,0
	0,32
	0,0
	0,28
	0,68
	0,27
	0,0
En 3 h. a baissé de	11,15

Nota. Le thermomètre restait appliqué pendant 5 minutes, temps nécessaire pour qu'il devînt stationnaire.

Les fractions qui suivent les degrés proviennent de la réduction des degrés du thermomètre Réaumur en degrés centigrades.

N° 2, t^re^. prim., 35°.

De 10 en 10 min. a baissé de.........	0°,63
	0,52
	1,25
	0,94
	1,19
	1,25
	1,0
	0,62
En 1 h. 20′ a baissé de	3,75
En 45′ a baissé de	2,5
En 25′ a baissé de	1,25
En 3 h. 55′	14,9

N° 3, t^re^. prim. 36°,87.

De 10 en 10 min. a baissé de.........	1°,12
	1,38
	1,25
	1,25
	0,87
	1,63
	0,25
	1,0
En 35′ a baissé de..	1,25
En 35′ a baissé de..	3,12
En 30′ a baissé de..	2,50
En 25′ a baissé de..	1,25
En 30′ a baissé de..	1,25
En 4 h. a baissé de..	18,12

Suite du Tableau précédent.

Tre. ext., 13°.

4 PETITS CHIENS de 24 h. de la même portée, de petite taille.

Leur température primitive était 35 et 36°.

En 4 h. 30′	ont baissé de....................	16°
En 8 h. 30′	ont baissé de....................	6
En 13 h.	ont baissé de....................	22°

Ils étaient alors tellement faibles, qu'ils pouvaient à peine pousser quelques gémissemens : ils étaient presque roides; mais cependant pas absolument sans mouvement.

On les mit devant le feu, enveloppés d'un linge : 15 minutes après, leur température se releva de 6 et 12 degrés. On les y laissa : en 4 heures 45 minutes ils avaient repris leur température primitive, à un ou deux degrés près, et étaient aussi forts qu'avant l'expérience.

Suite du Tableau précédent.

Petits Chats de quelques heures et de la même portée.

Tre. ext., 14°.

N° 1, tre. primit., 33°.			N° 2, tre. primit., 28°.		
En	10′ a baissé de..	3°	En	25′ a baissé de..	4°
En 1 h.	5′ id.	5°	En 1 h.	id.	4°
En 2 h.	40′ id.	9°	En .	40′ id.	2°
En 3 h. 30′	....	17°	En 2 h. 5′	....	10°

N° 3, tre. primit., 30°.

En	10′ a baissé de...	1°
En	20′ id.	3°
En	55′ id.	2°
En 1 h.	30′ id.	7°
En 1 h.	45′ id.	4°
En 4 h. 40′	....	17°

Petits Chats de vingt-quatre heures et de la même portée.

Tre. ext., 10°.

N° 1, tre. primit., 37°.			N° 2, tre. primit., 37°.		
En	15′ a baissé de..	3°	En	15′ a baissé de..	2°
En	30′ id.	3°	En	50′ id.	4°
En 1 h.	25′ id.	6°	En	50′ id.	7°
En 1 h.	35′ id.	8°	En 1 h.	35′ id.	8°
En 3 h. 45′	....	20°	En 3 h. 30′	....	21°

Suite du Tableau précédent.

Petits Lapins de quelques heures et de la même portée.

Tre. ext., 14°.

N° 1, tre. primit., 38°.				N° 2, tre. primit., 38°.			
En	20′	a baissé de..	8°	En	20′	a baissé de..	8°
En	35′	*id*.........	7°	En	35′	*id*.........	5°
En	45′	*id*.........	3°	En	45′	*id*.........	4°
En	30′	*id*.........	2°	En	50′	*id*.........	2°
En 2 h.	10′	....	20°	En 2 h.	10′	....	19°

Petits Lapins de quarante-huit heures.

Tre. ext., 10°.

Tre. primit., 35°.			
En	10′	a baissé de...	9°, 2°
En	15′	*id*..........	2°, 1°
En	20′	*id*..........	5°, 1°, 0°, 1°
En	35′	*id*..........	1°
En 2 h.	45′	....	20°

Suite du Tableau précédent.

Petits Lapins.

1°. *De deux jours.*

T^re. ext., 14°.

T^re. primit., 38°.

En 15′	a baissé de...	5°
En 1 h. 40′	*id*..........	8°
En 1 h. 55′	*id*..........	10°
En 3 h. 50′	*id*..........	23°

2°. *De trois jours.*

T^re. primit., 38°.

En 10′	a baissé de...	6°, 2°	
En 30′	*id*..........	2°	
En 55′	*id*..........	2°	
En 3 h. 15′	*id*..........	4°	
En 2 h. 5′	*id*..........	1°	
En 20′	*id*..........	1°	
En 7 h. 25′	*id*..........	18°.	A cessé de perdre.

3°. *De cinq jours.*

T^re. primit., 38°.

En 15′	a baissé de....	3°	
En 1 h. 40′	*id*..........	2°	
En 1 h. 55′	....	5°.	A cessé de perdre.

Suite du Tableau précédent.

Petits Lapins.

La température des petits lapins, qui, dans le Tableau n° xxxiv, a baissé, en 2 h. 10′, de 19° et 20°, a baissé de moins en moins jusqu'au onzième jour après leur naissance. A cette époque, elle était presque égale à celle de la mère, et se soutenait ainsi lorsqu'ils en étaient séparés, la température extérieure étant de 14° cent. . . . .

Chiens et Chats nouveau nés.

Ces animaux présentent les mêmes phénomènes que les lapins, dans l'élévation progressive de leur température ; elle finit également, au bout d'une quinzaine de jours, par devenir semblable à celle des adultes, et à se soutenir, à ce terme, au-dessus d'une température moyenne extérieure.

Les mammifères qui naissent les yeux fermés ont, en général, le canal artériel large et ouvert; mais à mesure que la production de chaleur s'accroît avec l'âge, le canal se rétrécit et se ferme à-peu-près à l'époque où la chaleur de l'animal devient stationnaire à une température douce de l'air.

Dans quelques cas rares, ils naissent avec le canal artériel plus étroit, et leur température est, par conséquent, plus élevée.

TABLEAU *de l'Influence de la température extérieure sur celle des jeunes oiseaux.*

MOINEAUX-FRANCS (Pierrots) de huit jours environ.

Tre. ext., 22°.

Tre. primit., 35°.

En 1 h. 7'. a baissé de...... 12°

Tre. ext., 17°.

Tre. primit. de tous ceux qui suivent, 36°.

Nos 1, 2, 3, 4, 5 } en 1 h. ont baissé de.. 17°

6 *id* *id*.......... 18°

Suite du Tableau précédent.

1°. HIRONDELLES-MARTINETS de quinze jours environ.

T^{re}. ext., 17°.

N° 1, t^{re}. primit., 37°
En 1 $^{h.}$ 30′ a baissé de... 17°

N° 2, t^{re}. primit., 36°
En 1 $^{h.}$ 20′ a baissé de... 16°

N° 3, t^{re}. primit., 35°
En 1 $^{h.}$ 20′ a baissé de... 15°

2°. EPERVIERS (émouchets) n'ayant que du duvet blanc.

N° 1, t^{re}. primit., 37°
En 1 $^{h.}$ 50′ a baissé de... 15°

N° 2, t^{re}. primit., 36°
En 1 $^{h.}$ 50′ a baissé de... 14°

N° 3, t^{re}. primit., 36°
En 1 $^{h.}$ 50′ a baissé de... 14°

Suite du Tableau précédent.

EPERVIERS (émouchets) plus âgés que les précédens, ayant quelques plumes.

T^{re}. ext., 19°.

T^{re}. primit. des 4 suivans, 36°.

N°s 1, 2, 3, 4	en 3$^{h.}$ 45′ ont baissé de...	6°
5	*id.*, t^{re}. primit., 35°, *id.*	5°

Le lendemain, deux des précédens émouchets, dont la température primitive était de 38°,

en 3$^{h.}$ ont baissé de... 2°

Les cinq jours suivans, ces mêmes animaux ne baissaient plus que d'un degré; ensuite leur température devint stationnaire.

Suite du Tableau précédent.

PIES de trois semaines environ.

T^re. ext., 19°.

T^re. primit., 38°.

N° 1, 2, 3, 4 } en 2 h. 25′ ont baissé de... 4°.

T^re. ext., 22°.

T^re. primit., 40°.

en 3 h. a baissé de....... 2°.

GEAIS du même âge environ.

T^re. ext., 19°.

T^re. primit., 39°.

N°s 1, 2 } en 2 h. 25′ ont baissé de... 5°.

TABLEAU *de l'Influence d'une température extérieure voisine de 0° sur les jeunes oiseaux dont la température propre est à-peu-près égale à celle des adultes, et reste stationnaire à une température moyenne extérieure.*

MERLES.

Tre. ext., 22°.

Air à 4° cent.

N° 1, tre. primit., 38°.

En 55′ a baissé de........ 23°.

N° 2, tre. primit., 39°.

En 1 h. 5′ a baissé de...... 23°.

PIES.

Tre. ext., 19°.

Air à 4° cent.

N° 1, tre. primit., 38°.

En 1 h. 10′ a baissé de.... 18°.

N° 2, tre. primit., 37°.

En 40′ a baissé de....... 16°.

N° 3, tre. primit., 40°.

En 20′ a baissé de....... 14°.

Suite du Tableau précédent.

GEAIS.

Air à 4° cent.

Tre. ext., 22°.

N° 1, tre. primit., 38°.
En 45′ a baissé de. . . . . 18°.

N° 2, tre. primit., 38°.
En 45′ a baissé de . . . . 8°.

N° 3, tre. primit., 39°.
En 1 h. 35′ a baissé de. . . . . 13°.

LORIOT.

Tre. primit., 36°.
En 1 h. 5′ a baissé de. . . . . . . 15°.

ETOURNEAU.

Tre. primit., 39°,5.
En 1 h. 35′ a baissé de. . . 13°,5.

Suite du Tableau précédent.

COCHONS-D'INDE de deux jours.

Air à 0°.

Tre. primit. des deux suivans, 38°.

Nos 1 } en 1 h. ont baissé de............. { 7°
2 } { 11°.

COCHONS-D'INDE d'un mois environ.

Air à 0°.

Tre. primit. des deux suivans, 38°.

Nos 1 } en 1 h. ont baissé de............. 9°.
2 }

COCHONS-D'INDE adultes.

Air à 0°.

Tre. primit., 39°,5.

En 1 h. a baissé de...... 2°,6.

TABLEAU *de l'Influence d'une température extérieure voisine de* 0° *sur des animaux à sang chaud adultes*, en hiver.

Février 1821 ;
t[re]. ext., 12°.

MOINEAUX adultes.

Air à 0°.

N° 1, t[re]. au commencement de l'expérience, 41°.

A baissé de.......... { 0°, 0°, 0° } — 0°

N° 2, t[re]. au commencement de l'expérience, 42°.

A baissé de.......... { 1°, 0°, 0° } — 1°

N° 3, t[re]. au commencement de l'expérience, 41°.

A baissé de.......... { 1°, 0°, 0° } — 1°

N° 4, t[re]. au commencement de l'expérience, 40°.

A baissé de.......... { 0°, 0°, 0° } — 0°

N° 5, t[re]. au commencement de l'expérience, 40°.

A baissé de............. { 0°, 0°, 0° } — 0°

Terme moyen des 5 *expériences*............. 0°,4.

Nota. Comparez ce tableau avec le suivant.

Tableau *de l'Influence d'une température extérieure voisine de 0° sur des animaux à sang chaud adultes*, en été.

Juillet 1820 ;
t^re. ext., 26°.

Moineaux adultes.

Air à 0°.

N° 1, t^re. au commencement de l'expérience, 44°,5.

Dans la première heure a baissé de.......... 6°,5
Pendant la seconde a remonté de.......... 3°
Dans la troisième a baissé de................ 0°,5
Dans les 3 h. il a perdu.. 4°,0

N° 2, t^re. au commencement de l'expérience, 45°,5.

En 3 h. a baissé de.... { 2°,5 ; 0° ; 1° } = 3°,5

N° 3, t^re. au commencement de l'expérience, 44°.

A baissé de........... { 2° ; 2° ; 8° } = 12°

N° 4, t^re. au commencement de l'expérience, 44°.

A baissé de.......... { 3°,5 ; 0°,5 ; 0°,25 } = 4°,25

Terme moyen du refroidissement pour la première heure.................. 3°,62.

Terme moyen du refroidissement pour les trois heures.................. 6°.

Suite du Tableau précédent.

Août 1820;
t^re^. ext., 20°.

Moineaux adultes.

Air à 0°.

N° 1, t^re^. au commencement de l'expérience, 43°,5.

A baissé de.........	1°,5	
	0°	
	2°	
		3°,5

N° 2, t^re^. au commencement de l'expérience, 43°,75.

A baissé de.........	1°,75	
	3°	
	2°	
		6°,75

N° 3, t^re^. au commencement de l'expérience, 44°.

A baissé de.........	1°,5	
	1°	
	2°,5	
		5

N° 4, t^re^. au commencement de l'expérience, 44°.

A baissé de...........	3°	
	0°	
	4°	
		7°

N° 5, t^re^. au commencement de l'expérience, 42°,5

A baissé de.........	0°	
	1°,5	
	1°,0	
		2°,0

N° 6, t^re^. au commencement de l'expérience, 43°,5.

A baissé de..........	2°	
	0°	
	2°,5	
		4°,5

Terme moyen du refroidissement pour la première heure.................... 1°,62
Terme moyen du refroidissement pour les trois heures...................... 4°,87

TABLEAU *comparatif de la durée de la vie des mammifères adultes et des jeunes qui naissent les yeux ouverts, asphyxiés par submersion dans l'eau.*

COCHONS D'INDE.

Adultes.		Jeunes de deux à trois jours.	
N°s 1 ont vécu	4′	N°s 1 ont vécu	6′
2	3′ 15″	2	6′
3	3′ 30″	3	6′
		4	5′ 30″
		5	5′
		6	4′
Terme moyen.....	3′ 35″	*Terme moyen.....*	5′ 25″

CHEVREAU de deux jours.

A vécu.................. 11′ 15″.

TABLEAU *de l'Influence de la température extérieure sur la durée de la vie des animaux à sang chaud privés de la respiration par submersion dans l'eau.*

JEUNES ANIMAUX.

CHATS de deux jours.

Eau à 0°.

Nos 1	ont vécu	5′
2		3′ 45″
3		5′
4		4′ 15″
5		4′ 30″
6		4′ 30″
7		3′ 30″
8		6′
9		4′ 30″
	Terme moyen	4′ 35″

Eau à 10°.

Nos 1	ont vécu	10′ 45″
2		6′ 30″
3		14′
	Terme moyen	10′ 25″

Suite du Tableau précédent.

Chats de deux jours.

Eau à 20°.

Nos 1, 2	ont vécu	28′ 30″ 49′
	Terme moyen	38′ 45″

Eau à 26°.

N° 1, a vécu .... 34′ 30″

Eau à 30°.

Nos 1, 2	ont vécu	28′ 30′
	Terme moyen	29′

Eau à 42°.

Nos 1, 2, 3, 4	ont vécu	11′ 15″ 8′ 9′ 15″ 14′ 20″
	Terme moyen	10′ 27″

L'ouverture du thorax, qui a été faite pour expulser l'air des poumons, produit une effusion de sang qui diminue la durée de la vie; mais comme cette condition est la même pour tous, les rapports restent les mêmes.

Suite du Tableau précédent.

Chiens de cinq jours, de forte race.

Eau à 0°.

N[os] 1, 2	ont vécu...................	12′ / 12′ 10″
	Terme moyen..............	12′ 5″

Eau à 22°,5.

N° 1, a vécu...................... 55′ 30″

ADULTES.

Moineaux adultes.

Eau à 0°.

Terme moyen de sept expériences..... 0′ 30″

Eau à 20°.

Terme moyen de sept expériences...... 0′ 46″

Eau à 40°.

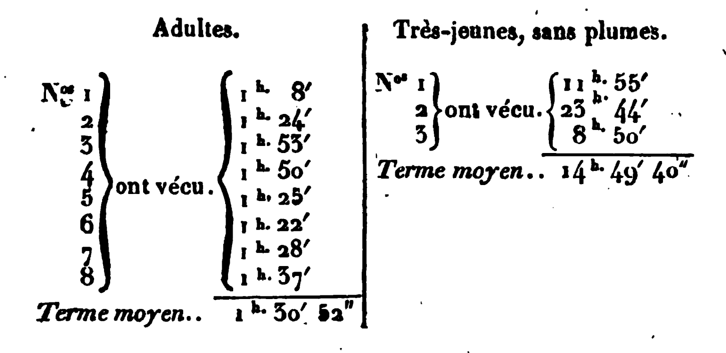
Terme moyen de six expériences...... 0′ 39″

TABLEAU *comparatif de la Durée de la vie d'animaux à sang chaud adultes, et de jeunes individus de même espèce, dans des quantités limitées d'air.*

Dans 1 litre d'air.

Tre. ext., 18°.

MOINEAUX-FRANCS.



Adultes.			Très-jeunes, sans plumes.		
Nos 1	ont vécu.	1 h. 8′	Nos 1	ont vécu.	11 h. 55′
2		1 h. 24′	2		23 h. 44′
3		1 h. 53′	3		8 h. 50′
4		1 h. 50′			
5		1 h. 25′			
6		1 h. 22′			
7		1 h. 28′			
8		1 h. 37′			
Terme moyen..		1 h. 30′ 52″	*Terme moyen..*		14 h. 49′ 40″

Pour absorber l'acide carbonique provenant de la respiration de l'animal, le vase dans lequel il était placé était renversé sur une dissolution de potasse caustique très-concentrée. (2 ℔ 4 ℥ de potasse dans 2,5 litres d'eau.)

Suite du Tableau précédent.

Dans 1 litre d'air.

Tre. ext., 18°.

Moineaux-francs.

Adultes.		Jeunes, couverts de plumes.	
Nos 1 ont vécu.	1 h. 8′	Nos 1 ont vécu.	2 h. 30′
2	1 h. 24′	2	2 h. 50′
3	1 h. 53′	3	2 h. 8′
4	1 h. 50′	4	2 h. 42′
5	1 h. 28′	5	2 h. 35′
Terme moyen..	1 h. 32′ 36″	*Terme moyen..*	2 h. 39′ 32″

TABLEAU *comparatif de la Durée de la vie d'animaux à sang chaud adultes dans des quantités limitées d'air, en hiver et en été.*

SUR LE MERCURE.

HIVER.					ÉTÉ.				
DATES.	TEMPÉRATURE.	BAROMÈTRE.	Nos. des EXPÉR.	DURÉE DE LA VIE.	DATES.	TEMPÉRATURE.	BAROMÈTRE.	Nos. des EXPÉR.	DURÉE DE LA VIE.
BRUANS adultes.									
1819. Janvier.					Août.				
5	20°	76,2	1	0 h. 48′ 30″	28	20°	74,8	1	1 h 17′ »
»	»	»	2	0 48 »	29	»	75,2	2	1 19 »
6	»	76,2	3	1 15 »	»	»	»	3	1 46 »
»	»	»	4	1 28 »	»	»	»	4	1 45 »
»	»	»	5	1 4 »	»	»	»	5	1 17 »
»	»	»	6	0 51 »	30	»	75,5	6	1 9 »
					»	»	»	7	1 4 30″
					»	»	»	8	1 17 »
					»	»	»	9	1 55 »
					Septemb.				
					10	21°	76,5	10	1 4 »
					»	»	»	11	1 17 »
					»	»	»	12	1 16 »
					»	»	»	13	1 19 »
Termes moyens.	20°	76,2	»	1 h. 2′ 25″	»	20°,5	75,5	»	1 h. 22′ »
VERDIERS.									
3	20°	74,9	1	1 h. 15′ »	Août.				
»	»	»	2	1 10 »					
»	»	»	3	1 5 »	14	21°	76,3	1	1 h. 30′ »
14	»	76,1	4	1 7 »	»	»	»	2	1 36 »
Termes moyens.	20°	75,5	»	1 h. 9′ 15″	»	21°	76,3	»	1 h. 33′ »

Suite du Tableau précédent.

SUR LA POTASSE.

BRUANS adultes.

HIVER.						ÉTÉ.					
DATES.	TEMPÉR.	BAROMÈTRE.	Nos. des expér.	ÉPOQUES où ils ouvrent le bec.	DURÉE DE LA VIE.	DATES.	TEMPÉR.	BAROMÈTRE.	Nos. des expér.	ÉPOQUES. où ils ouvrent le bec.	DURÉE DE LA VIE.
décembr.						Août.					
30	20°	74,8	1	»	0 h. 58′	28	20°	74,8	1	1 h. 12′	1 h. 31′
»	»	»	2	»	1 11 30″	29	»	75,2	2	1 13 30″	1 21
»	»	»	3	»	0 54	»	»	»	3	0 59	1 22
»	»	»	4	»	1 20	»	»	»	4	1 12	1 19
31	»	74,2	5	»	1 14	»	»	»	5	1 11	1 13
janvier. 1819											
4	»	76,0	6	0 h. 57′ 30″	1 2 30″	30	19,5	75,5	6	1 19	1 25
15	»	75,1	7	»	1 6	»	»	»	7	»	1 40
18	»	74,6	8	1 17	1 21	»	»	»	8	1 26	1 36
24	»	76,0	9	1 23	1 25	»	»	»	9	1 3	1 12
»	»	»	10	0 47	0 54	Septem.					1 14
»	»	»	11	0 25	0 54	10	21°	76,5	10	1 8	
»	»	»	12	0 39	0 48	»	»	»	11	1 10	1 23
»	»	»	13	0 52	0 58	»	»	»	12	0 48	1 33
25	»	75,7	14	0 26	0 57	»	»	»	13	1 5 30″	1 19
»	»	»	15	1 10	1 29	»	»	»	»	»	»
»	»	»	16	0 49	0 58	»	»	»	»	»	»
ter. moy.	20°	75,1	»	0h. 52′ 33″	1 h. 7′ 37″	»	20°,1	75,5	»	1h. 8′ 55″	1 22′ 43″

TABLEAU *des Rapports de perte par la transpiration, dans des temps égaux et successifs, chez les animaux à sang chaud, exposés à l'air.*

COCHONS-D'INDE.

Pertes d'heure et heure.

Tre. ext., 14°.

N° 1, pesant 185gram.,7.		N° 3, pesant 180gram.,0.	
A perdu	1,50	A perdu	0,27
	0,65		0,98
	1,03		0,56
	0,80		0,21
	0,65		0,10
	0,40		0,30
	5,03		2,42

N° 2, pesant 196gram.,3.		N° 4, pesant 165gram.,9.	
A perdu	1,45	A perdu	0,33
	0,73		0,90
	0,30		0,73
	0,50		0,73
	0,70		0,30
	0,15		0,10
	3,83		3,09

Décroissement de 2 en 2 heures.

N° 1	2,15	N° 3	1,15
	1,83		0,77
	1,05		0,40
N° 2	2,18	N° 4	1,23
	0,80		1,46
	0,85		0,40

Dans les deux derniers cas, le décroissement n'a pas été constant de 2 en 2 heures; mais il est évident qu'en le prenant de 3 en 3 heures il devient constant.

N° 2	2,48	N° 4	1,96
	1,35		1,13

Suite du Tableau précédent.

SOURIS.

Pesées d'heure en heure.

Tre. ext., 19°.

N° 1, pesant 5gram.,9.

A perdu...........	0,175
	0,180
	0,090
	0,085
	0,095
	0,085
	0,710

N° 3, pesant 7gram.,0.

A perdu...........	0,035
	0,130
	0,090
	0,090
	0,050
	0,050
	0,445

N° 2, pesant 7gram.,7.

A perdu...........	0,030
	0,180
	0,190
	0,090
	0,090
	0,045
	0,625

N° 4, pesant 8gram.,5.

A perdu...........	0,140
	0,140
	0,090
	0,095
	0,085
	0,085
	0,635

Fluctuations moindres de 2 en 2 h.

N° 1..............	0,355
	0,175
	0,180
N° 2..............	0,210
	0,280
	0,135
N° 3..............	0,165
	0,180
	0,100
N° 4..............	0,280
	0,185
	0,170

Décroissement constant de 3 en 3 h.

N° 1..............	0,445
	0,265
	0,710
N° 2..............	0,400
	0,225
	0,625
N° 3..............	0,345
	0,190
	0,535
N° 4..............	0,370
	0,265
	0,635

Suite du Tableau précédent.

OISEAUX.

Pertes d'heure en heure.

Tre. ext., 19°.

N° 1, pesant 24gram.,05.		N° 3, pesant 25gram.,5.	
A perdu............	0,55 0,48 0,49 0,43 0,15 0,16 2,26	A perdu............	0,54 0,44 0,36 0,25 0,17 0,22 1,98

N° 2, pesant 22gram.,9.		N° 4, pesant 23gram.,75.	
A perdu...........	0,43 0,31 0,35 0,30 0,32 0,04 1,75	A perdu...........	0,54 0,30 0,53 0,22 0,16 0,09 1,84

Décroissement de 2 en 2 heures.

N° 1..............	1,03 0,92 0,31	N° 3..............	0,98 0,61 0,39
N° 2..............	0,74 0,65 0,36	N° 4..............	0,84 0,75 0,25

Suite du Tableau précédent.

OISEAUX.

Pertes d'heure en heure.

Tre. ext., 20°.

N° 1, pesant 31gram.,6.		N° 3, pesant 22gram.45.	
A perdu...........	0,39	A perdu...........	0,58
	0,26		0,35
	0,36		0,39
	0,20		0,15
	0,14		0,11
	0,10		0,13
	1,45		1,71

N° 2, pesant 28gram.,3.		N° 4, pesant 24gram.,0.	
A perdu...........	0,38	A perdu...........	0,52
	0,35		0,21
	0,49		0,22
	0,20		0,27
	0,29		0,07
	0,16		0,05
	1,87		1,34

Décroissement de 2 en 2 heures.

N° 1..............	0,65	N° 3..............	0,93
	0,56		0,54
	0,24		0,24
N° 2..............	0,73	N° 4..............	0,73
	0,69		0,49
	0,45		0,12

Toutes les pertes par évacuations alvines ont été déterminées avec soin au moment même de l'excrétion, et défalquées de la perte totale, pour avoir l'évaluation exacte des pertes par la transpiration.

TABLEAU *de l'Influence de l'état hygrométrique de l'air sur la transpiration des animaux à sang chaud.*

COCHONS-D'INDE.

Pertes totales par la transpiration et les évacuations alvines.

Tre. ext., 15°.

Air sec.	Pertes.	Air humide.	Pertes.
N° 1, pesant 187gram.,0.		N° 1, pesant 189gram.,7.	
En 6 h. a perdu......	15,5	En 6 h. a perdu......	12,4
N° 2, pesant 194gram.,5.		N° 2, pesant 207gram.,2.	
En 8 h. a perdu.......	18,5	En 8 h. a perdu.......	13,7
N° 3, pesant 204gram.,8.		N° 3, pesant 218gram.,0.	
En 6 h. a perdu.......	16,2	En 6 h. a perdu.......	14,5
N° 4, pesant 278gram.,7.		N° 4, pesant 255gram.,0.	
En 6 h. a perdu.......	17,7	En 6 h. a perdu.......	9,5
N° 5, pesant 250gram.,5.		N° 5, pesant 298gram.,0.	
En 6 h. a perdu.......	15,2	En 6 h. a perdu......	8,5

Le terme moyen de quatre expériences faites à l'air libre pour déterminer la quantité des excrémens est plus grand que celui des pertes générales dans l'air humide ; mais si l'on prend le minimum des excrémens (11,18) dans les quatre expériences ci-dessus, et qu'on le défalque des expériences faites dans le même espace de temps, nos 1, 3, 4 et 5, dans l'air humide, on aura 0,04 de perte.

D'après cela on établira le rapport suivant :

9,59 | 0,04

Suite du Tableau précédent.

OISEAUX.

Pertes totales par la transpiration et les évacuations alvines.

Tre. ext., 13°.

Air sec.	Pertes.	Air humide.	Pertes.
N° 1, pesant 20gram.,3.		N° 1, pesant 21gram.,5.	
En 4 h. a perdu.......	1,2	En 4 h. a perdu........	0,7
N° 2, pesant 25gram.,7.		N° 2, pesant 24gram.,7.	
En 6 h. a perdu.......	1,65	En 6 h. a perdu........	0,7
N° 3, pesant 24gram.,2.		N° 3, pesant 26gram.,7.	
En 6 h. a perdu.......	1,8	En 6 h. a perdu........	0,9
N° 4, pesant 23gram.,2.		N° 4, pesant 24gram.,7.	
En 8 h. a perdu.......	4,60	En 8 h. a perdu.......	3,8

Huit expériences ont été faites à l'air libre, en prenant une note exacte des évacuations alvines pendant six heures. En défalcant le terme moyen de ces pertes (0,68) de la perte totale de poids, on a approximativement le rapport de la transpiration dans l'air sec et humide, dans des vases clos.

En faisant l'opération indiquée sur les résultats des expériences nos 2 et 3, dont la durée est la même (6 h.), on a le terme moyen suivant :

1,04	0,1

…ej…ssement de jeunes animaux à sang chaud, dans l'air sec et dans l'air humide.

MOINEAUX.

	AIR SEC.								AIR HUMIDE.							
DATES.	Nos des Expér.	TEMPÉRATURE extér.	TEMPÉRATURE intér.	HYGROMÈTRE avant l'expér.	HYGROMÈTRE fin de l'expér.	TEMPÉRATURE propre de l'animal avant l'expér.	TEMPÉRATURE propre de l'animal après l'expér.	REFROIDISSEMENT.	Nos des Expér.	TEMPÉRATURE extér.	TEMPÉRATURE intér.	HYGROMÈTRE avant l'expér.	HYGROMÈTRE fin de l'expér.	TEMPÉRATURE propre de l'animal avant l'expér.	TEMPÉRATURE propre de l'animal après l'expér.	REFROIDISSEMENT.
Juillet 10	1	22°	22°	73°	58°	39°	38°	1°	1	22°	21°	73°	100°	39°	38°	1°
24	2	21	21	75	60	39	34 ,5	3 ,5	2	21	»	75	»	40	32	8
Août 9	3	23	»	80	61	37	28	9	3	23	»	80	»	37	28	9
»	4	»	»	»	55	37	28	9	4	»	»	»	»	37	29	8
10	5	24	»	70	48	37	31	6	5	»	»	76	96	38	32	6
»	6	»	»	»	»	36	24	12	6	24	»	»	»	36	23	13
11	7	23 ,5	»	78	44	38	29 ,5	8 ,5	7	25	»	78	100	38	31 ,5	6 ,5
»	8	22 ,5	»	76	48	39	34	5	8	»	»	76	»	39	35	4
12	9	24	»	75	50	39	31	8	9	24	»	75	»	39	33	6
»	10	»	»	»	»	39	36	3	10	»	»	»	»	39 ,5	37	2 ,5
Termes moy…	—	23°,4	»	»	»	»	»	6°,7	»	23°,5	»	»	»	»	»	6°,5

TABLEAU *des Altérations de l'air par la respiration.*

RESPIRATION LABORIEUSE.

QUANTITÉ d'air.	DURÉE de l'expérience.	OXIGÈNE absorbé.	ACIDE CARBON. produit.	AZOTE. absorbé.	AZOTE. exhalé.
Petits Chiens d'un à deux jours. Tre., 17°.					
cent.		cent.	cent.		cent.
148	4 h. 59′	9,74	16,28	»	2,47
152	4 59	8,55	19,67	»	1,03
150	5 1	9,62	17,62	»	0,62
Ter. moy.	»	9,30	17,86	»	1,37
Petits Chiens de même âge. Tre., 18°.					
148,5	2 h.	7,26	14,35	0,68	»
148	2	7,08	15,59	»	0,64
148	2	6,66	14,65	»	2,72
Ter. moy.	»	7,00	14,86	»	»
Cabiais jeunes. Tre., 18°.					
152,5	1 h. 46′	4,50	22,51	»	2,10
152,5	1 43	5,76	21,77	»	0,57
151,[illegible]	1 37	6,06	20,09	»	2,13
Ter. moy.	»	5,44	21,69	»	»

Suite du Tableau précédent.

Moineaux adultes.

Mai. Temp., 20°. — QUANTITÉS d'air.	DURÉE de l'expérience.	OXIGÈNE absorbé.	ACIDE CARBON. produit.	AZOTE. absorbé.	AZOTE. exhalé.
cent.		cent.	cent.	cent.	cent.
159	1 h. 58′	4,73	18,42	0,74	»
159	1 50	7,93	19,09	»	1,67
159	1 55	7,30	19,56	»	1,54
156,75	2 1	5,44	20,92	»	1,74
156,25	2 8	6,12	20,32	»	0,42
156,0	2 5	6,08	19,71	»	3,34
156	2 27	5,31	20,97	»	1,11
Ter. moy.	»	6,11	19,86	»	»
Juin. Temp., [illegible].					
155,0	1 h. 5′	4,39	14,07	»	0,39
156,5	1 5	5,15	15,83	»	2,40
155	1 4	6,43	14,64	»	1,10
155,5	1 5	6,41	13,43	»	1,29
155,5	1 3	5,97	14,60	»	1,64
Ter. moy.	»	5,71	14,51	»	»

Suite du Tableau précédent.

Moineaux adultes.

Octobre le 22. Temp., 15°. — QUANTITÉS d'air.	DURÉE de l'expérience.	OXIGÈNE absorbé.	ACIDE CARBON. produit.	AZOTE absorbé.	AZOTE exhalé.
cent.		cent.	cent.	cent.	cent.
155,25	2 h. 6′	8,65	19,66	»	0,87
155, 5	2 24	8,86	19,82	»	2,07
155	2 15	8,60	19,72	»	1,55
Novembre. Temp., 15°. —					
155	2 h. 3′	4,10	22,24	1,55	»
155	2 8	7,29	19,09	»	0,14
155	1 49	5,78	19,29	1,05	»
155	1 31	5,90	19,04	2,66	»
155	1 50	6,62	19,18	0,45	»
155	2 3	3,21	23,67	2,18	»
155	1 53	6,01	21,59	0,87	»
155	2 6	1,15	23,86	3,13	»
155	2 9	3,92	22,40	1,71	»
155	2 4	3,40	21,99	1,14	»
Term. moy.	»	5,65	20,88	»	»

TABLEAU *des Altérations de l'air par la respiration.*

RESPIRATION PRESQUE NATURELLE.

BRUANS adultes.

Novembre.
Temp., 12°.

QUANTITÉ d'air.	DURÉE de l'expérience.	OXIGÈNE absorbé.	ACIDE CARBON. produit.	AZOTE. absorbé.	AZOTE. exhalé.
cent.		cent.	cent.	cent.	cent.
155	o h. 15′	1,40	5,72	1,06	»
		0,98	6,31	2,18	»
		1,79	5,76	»	0,57
		1,58	5,70	1,66	»
		2,27	5,67	1,33	»
		1,43	6,34	1,16	»
		0,55	6,39	0,86	»
		0,40	6,42	0,29	»
		0,95	5,12	0,26	»
		1,55	6,32	1,57	»
Ter. moy.	»	1,28	5,98	»	»

Suite du Tableau précédent.

Grenouilles.

Juin. Temp., 27°. — Quantités d'air.	Durée de l'expérience.	Oxigène absorbé.	Acide carbon. produit.	Azote. absorbé.	Azote. exhalé.
cent.		cent.	cent.	cent.	cent.
74,0	24 h.	2,24	6,18	»	0,88
		2,52	6,48	1,16	»
		2,40	5,28	»	0,53
		1,83	4,56	»	0,92
		2,43	4,36	»	1,77
		1,68	4,61	»	1,27
Ter. moy.	»	2,18	5,24	»	»
Juillet Temp., 18°. —					
74,0	24 h.	1,98	2,52	»	1,12
		1,31	2,72	0,03	»
		1,84	2,49	»	0,99
Ter. moy.	»	1,71	2,57	»	»
Octobre, Temp., 14°. —					
74,0	24 h.	1,23	2,13	1,22	»
		1,33	3,02	0,11	»
		0,86	2,18	0,08	»
Ter. moy.	»	1,14	2,44	»	»

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

Les Batraciens.

SECONDE PARTIE.

Poissons et Reptiles.

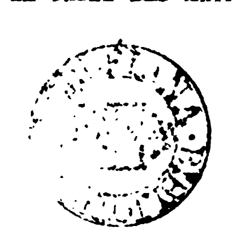
TROISIÈME PARTIE.

Animaux à sang chaud.

QUATRIÈME PARTIE.

De l'Homme et des Animaux vertébrés.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Fig. 1. Muscle sterno-pubien de la grenouille vu dans sa partie supérieure et postérieure pour montrer la manière dont le nerf s'y distribue. Le grossissement est de dix fois, et l'observation est faite par réflexion. (*a*) est le nerf, dont il est aisé de suivre toutes les subdivisions.

Fig. 2. Portion du même muscle vue par transparence et grossie davantage, afin de saisir les derniers ramuscules nerveux. On les voit épanouis et étalés dans les troncs (*aa*), puis se répandant au travers des fibres musculaires, perpendiculairement à leur direction, se contournant sur eux-mêmes en forme d'anse pour revenir dans le tronc qui les a fournis.

Fig. 3. Lame musculaire grossie quarante-cinq fois et dans l'état de repos ; (*aa*) nerf qui s'y distribue. Il fournit à des distances régulières des branches qui coupent à angle droit la direction des fibres du muscle.

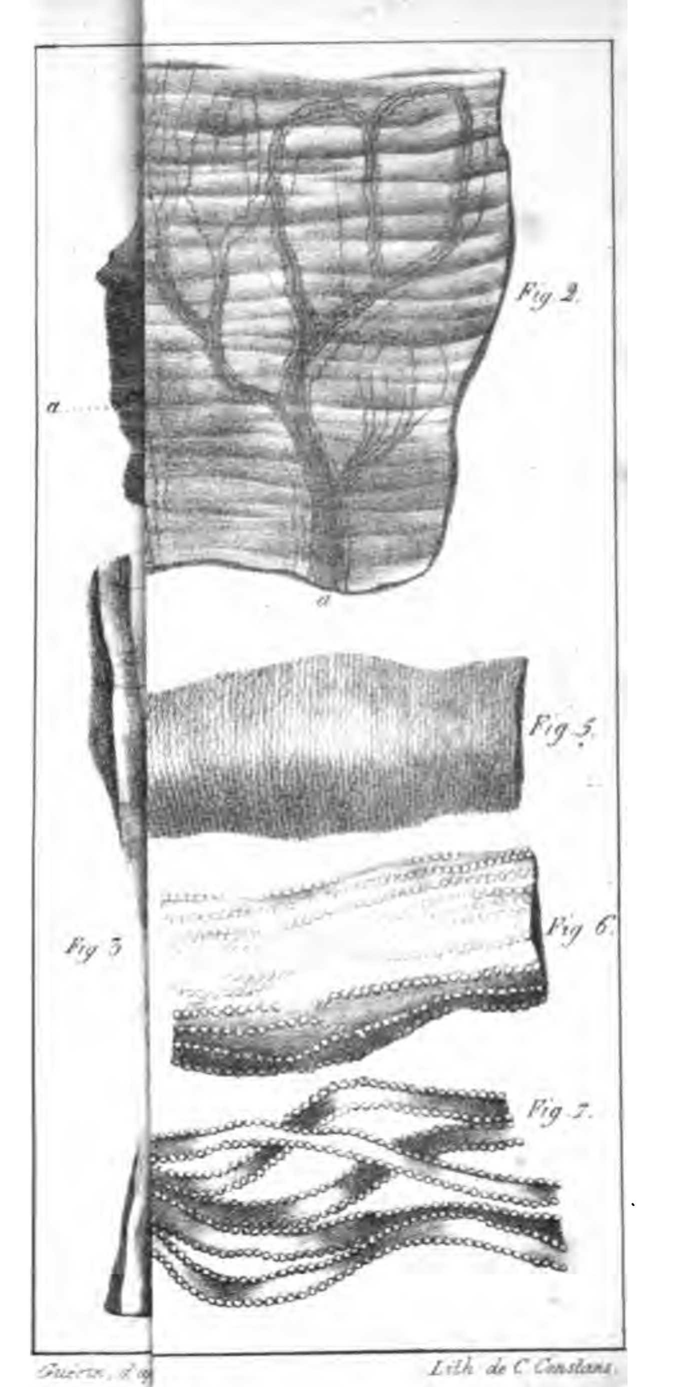
Fig. 4. La même contractée. Les zigzags de la fibre musculaire sont parfaitement exprimés, et l'on retrouve le nerf (*aa*), dont les branches passent précisément au sommet des angles de flexion.

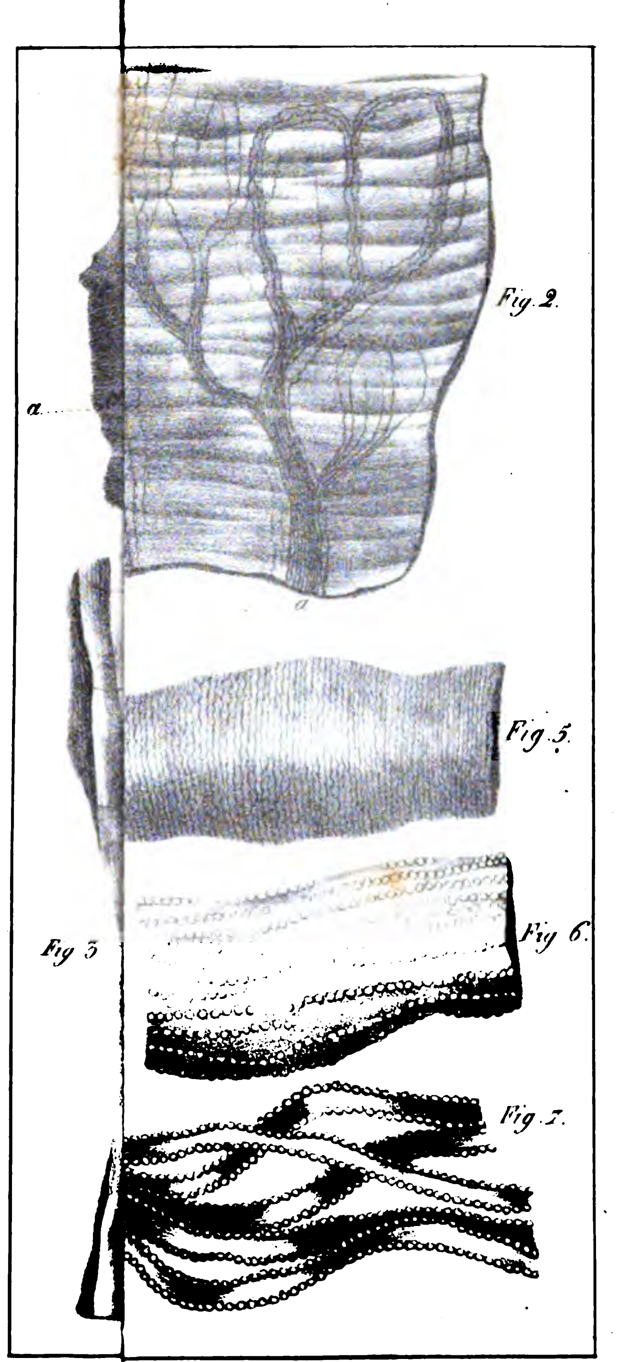
Fig. 5. Fibre secondaire d'un muscle. Les bandes transverses et sinueuses qu'elle présente tiennent ou à une illusion d'optique ou à l'enveloppe cellulaire qui la recouvre.

Fig. 6. La même convenablement éclairée. On reconnaît aisément les chapelets des fibres primitives.

Fig. 7. Fibres nerveuses secondaires, formées de quatre séries de globules en chapelet, disposées de champ l'une à côté de l'autre. Les deux extérieures sont bien plus distinctes que les autres.

Les trois dernières figures ont été grossies trois cents fois en diamètre


Fig. 2.
a
a
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 3
Fig. 7.
Lith. de C. Constans.



Guérin, d'ap. Lith. de C. Constans.

ERRATA.

Page 586, en tête de la page : tableau III, *lisez* tableau IV.
— 587, *idem* : tableau IV, *lisez* tableau V.
— 588, *idem* : tableau V, *lisez* tableau VI.
— 589, *idem* : tableau VI, *lisez* tableau VII.
— 590, *idem* : tableau VII, *lisez* tableau VIII.
— 591, *idem* : tableau VIII, *lisez* tableau IX.
— 592, *idem* : tableau IX, *lisez* tableau X.
— 593, *idem* : tableau X, *lisez* tableau XI.
— 594, *idem* : tableau X, *lisez* tableau XII.
— 595, *idem* : tableau X, *lisez* tableau XIII.
— 596, *idem* : tableau XI, *lisez* tableau XIV.
— 597, *idem* : tableau XII, *lisez* tableau XV.
— 598, *idem* : tableau XII, *lisez* tableau XVI.
— 599, *idem* : tableau XIII, *lisez* tableau XVII.
— 600, *idem* : tableau XIV, *lisez* tableau XVIII.
— 601, *idem* : tableau XV, *lisez* tableau XIX.
— 602, *idem* : tableau XVI, *lisez* tableau XX.
— 603, *idem* : tableau XVII, *lisez* tableau XXI.
— 604, *idem* : tableau XVIII, *lisez* tableau XXII.
— 605, *idem* : tableau XIX, *lisez* tableau XXIII.
— 606, *idem* : tableau XX, *lisez* tableau XXIV.
— 607, *idem* : tableau XXI, *lisez* tableau XXV.
— 608, *idem* : tableau XXII, *lisez* tableau XXVI.

